

제 5 장 양식장의 계획과 설계

양식장은 한 번 건설하면 몇 년에서 몇 십 년까지 사용해야 하므로 처음 계획 및 설계 단계부터 공사를 완료할 때까지 많은 사항을 신중하게 고려하지 않으면 안 된다. 본 장에서는 양식장 계획부터 설계, 시공계약까지 양식장 건설의 전반적인 과정을 알아보고 설계도를 이해하는 데 도움이 될 수 있는 일반 설계 및 양식장 설계의 전반적인 사항에 대하여 기술하고자 한다.

양식장 계획 및 설계, 시공은 다음의 단계를 거쳐서 이루어지게 된다.

1. 양식장 계획

1.1 어종 및 양식규모 결정

1.1.1 양식어류를 선택할 때 고려사항

양식장을 시설하고자 하면 가장 먼저 양식하고자 하는 어류가 결정돼야 할 것이며 양식 어류의 선택은

- ① 지역적 특성
- ② 경제성
- ③ 종묘 수급의 용이성
- ④ 판매의 용이성
- ⑤ 기술적인 측면 등이 충분히 고려되어 선택돼야 한다.

(1) 지역적 특성

지역적 특성이라 함은 양식장을 건축하고자 하는 지역의 년 중 기온, 강수량, 수온 등이 고려되고 지역에 알맞은 어종이 선택되어야 함을 말한다. 지역에 알맞는 특화상품으로 브랜드화 할 수 있는 어종이면 더욱 좋다.

(2) 경제성

어종의 선택 시 가장 신중하게 고려해야 할 항목은 경제성이다. 어류를 성공적으로 양식한다 하더라도 출하할 때 생산원가와 비교하여 경제성이 없으면 양식 어종으로서의 값어치가 없으며, 향후 몇 년까지 예측 조사하는 것이 바람직하다.

(3) 종묘의 수급의 용이성

양식을 하는 데 있어서 종묘의 수급문제 역시 중요한 사항이다. 종묘는 대부

분 인공 부화 양식장에서 부화한 후 적정한 크기가 되었을 때 구매하여 양식을 하는 것이 대부분이지만 뱀장어와 같이 아직도 인공종묘 생산이 이루어지지 않는 어종의 경우 근래에 볼 수 있는 현상과 같이 종묘 대란을 가져올 수가 있으므로 어종의 선택 시 원활한 종묘의 수급 가능 여부를 예측 조사하여야 한다.

(4) 판매의 용이성

현재 국내 대부분의 담수산 어종 또는 해산어종은 중국 등에서 대량으로 수입이 이루어지기 때문에 가격이 하락으로 인하여 판매에 어려움을 겪고 있다. 최근 뱀장어 양식장 및 새우 양식장에서는 직영 판매점을 열어 양식어류를 소비자에게 직거래로 판매하는 양식장이 증가하는 추세다. 이처럼 소비자와의 직거래가 가능한 어종을 선택하는 것도 중요하다.

(5) 기술적인 측면

새로운 양식 어종이 개발되면 보통은 5년 이상이 소요되어야 양식기술이 정착되는 경우가 많다. 충분한 양식 기술이 확보된 어종의 선택도 중요한 요소이다.

(6) 양식장 규모의 결정

일단 어종이 선정되면 투자가 가능한 자본금의 규모에 따라 시설비 및 운영비를 고려한 양식장 시설규모가 결정되어야 한다. 투자가 가능한 자기자본에 비하여 무리한 규모의 양식장 시설은 절대 피해야 한다.

1.2 적정 양식장 부지 조사

적정 양식장 부지 조사는 어종이 선택과 더불어 양식장 건축에 무엇보다도 중요한 요소이다. 양식장 적정 부지를 선택하고 구매하는데 있어서 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- ① 인·허가 가능지역
- ② 자연재해로부터 영향을 크게 받지 않는 지역
- ③ 양식수(養殖水)의 확보가 원활한 지역
- ④ 도로사정이 좋은 지역
- ⑤ 동력 전기의 인입이 원활한 지역
- ⑥ 주변환경
- ⑦ 생활환경

⑧ 지역의 연 평균 강수량, 강설량, 평균기온

(1) 인·허가 가능지역

양식장을 건축하기 위해서는 각 시·군으로부터 양식장 개발행위 허가를 받아야 하는데 인·허가의 가능 여부를 조사하는 것이 부지 선택에서 가장 먼저 선행되어야 할 사항이다. 국

내의 양식장 부지로서 가격이 저렴하고 적당한 지역으로는 농림지역이 대부분이므로 해당 행정기관에 의뢰 해 보는 것이 정확하다. 현재 농림지역 또는 농업진흥구역에서도 양식장 인·허가는 가능하지만, 계획 경지정리가 된 농지 등은 양식장으로의 개발행위 허가가 불가능하다.

(2) 자연재해로부터 크게 영향을 받지 않는 지역의 선택

태풍, 홍수 및 대설 등의 피해를 받지 않는 지역을 선택하고, 산사태의 우려가 있는 지역, 범람의 우려가 있는 지역은 피해야 한다. 평소 바람이 심하지 않고 일사량이 풍부한 지역을 선택하는 것이 좋다.

(3) 양식수 공급이 원활한 지역

순환여과식 양식장은 양식수를 많이 사용하지는 않지만 초기에 필요한 수량을 충분히 충족시켜야 하며, 장래에 양식장 확장 계획을 고려하여 충분한 수량 및 좋은 수질을 확보할 수 있어야 한다.

양식수는 보통 지하수와 지표수 등을 이용한다. 지하수는 년 중 수온이 비슷하고 수질이 거의 변하지 않기 때문에 양식용수로 적당하다. 지하수의 수질은 주변의 지질에 영향을 직접 받는데 석회암 지역은 지하수의 경도가 높으며, 칼슘이 많은 지역의 지하수는 CO₂의 함량이 높다. 화강암으로 구성된 지역의 지하수는 연수의 경향이 높고 미네랄과 CO₂의 함량이 낮다. 질소가스를 포함하는 지역, 또는 철을 포함하는 지역이 있는데 이들 지역은 피하는 것이 좋으며 양식장 설계 전에 철저한 수질조사를 할 필요가 있다.

(4) 도로사정이 좋은 지역

공사물자 수송을 위한 대형차량, 액화산소 공급을 위한 탱크 차량, 사료운반차량, 양식어류의 수송차량 등의 출입이 원활하도록 도로사정이 사전 고려될 필요가 있다.

(5) 동력 전기 인입이 가능한 지역

국내 양식장에는 주로 3상 380V 이상의 고압 전기를 사용하며 보통은 100kwh 이상을 사용해야 하므로 동력전기 인입이 원활한 지역을 선택할 필

요가 있다.

(6) 주변환경

주변에 타 동·식물 경작지를 조사하고 이들과 상호 미칠 수 있는 영향을 고려해야 한다. 특히 인접한 거리에 돼지, 닭, 오리 등의 농장이 있으면 좋지 않으며 사전에 주변에 양식장 계획을 알려서 향후 발생할 수 있는 민원에 대하여 대비할 필요가 있다.

(7) 주거환경

양식장 부지는 대부분 민가 또는 도심으로부터 멀리 떨어진 곳에 부지를 선택 하는 경우가 많다. 양식장 종사자들의 주거환경, 필요할 때 인력수급 등의 문제를 고려하여 지역을 선택해야 한다.

2. 양식장 설계

2.1 설계(Design)

설계는 일반적으로는 건축물을 비롯한 교량 등의 구조물 또는 각종 기계장치 등이 설치되는 요구 조건을 만족하게 하면서, 합리적이고 경제적으로 시설하기 위하여 계획을 종합한 후 설계도를 작성하고 구체적으로 내용을 명시하는 일을 말한다. 설계의 종류 및 분류는 공사의 종류에 따라 여러 가지로 할 수 있지만 양식장 설계에서는 기본설계 · 실시설계 · 현장 설명서 등으로 구성된다.

2.2 양식장 설계의 분류

2.2.1 기본설계

기본설계는 건축주의 의도를 구체화하여 기본적인 사항을 간추려서 설계의 개요를 보이는 단계이며, 기본설계서 · 조감도 · 배치도 · 평면도 · 단면도 등 기본적으로 양식장의 개략적인 내용을 표시하는 설계도를 말하며 개략적인 공사까지 포함한다.

(1) 기본설계서

양식목적에 따라 양식수조의 수량 및 규격을 비롯하여 양식 기자재, 양식 기계설비, 여과조 설비의 규격, 수량, 용량, 재료 등 전반적인 내용에 대한 계산 및 조사가 포함된다.

식장 구조 및 배치를 한 눈에 볼 수 있으며, 단면도는 건축물 또는 시설물의 단면을 도식화한 도면으로 지면으로부터의 깊이 또는 높이를 표시한다.

(5) 예상공사비 내역서

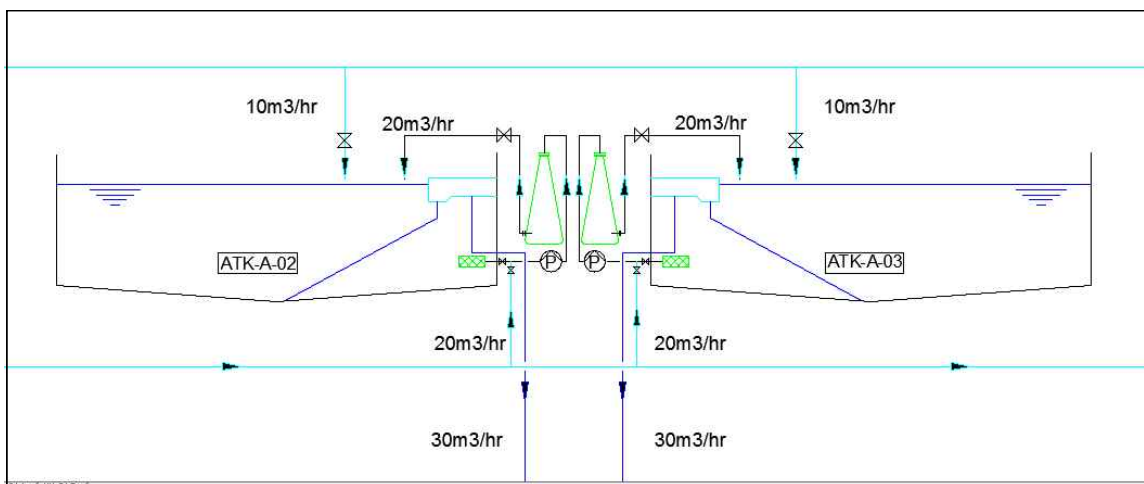
건축주가 자금계획을 세우고 집행하는 데 필요한 개략적인 건축자금을 예상하여 산출한다.

2.2.2 실시설계

실시설계는 위의 기본설계도서에 따라서 더욱 상세하게 설계한 것으로, 공사 실시에 필요한 설계 도서를 정비하는 단계이다. 그 내용은 기본설계도의 항목 외에 공정흐름도, 배관 및 기계류 연결도(P&ID), 상세도, 배관도, 기계 및 기기 설치도, 전기도를 포함하는 도면을 말한다, 또한 시방서, 공사비 내역서, 건축법에 따르는 확인신청 절차 등도 포함한다.

(1) 공정흐름도(PROCESS FLOW DIAGRAM)

양식장 설계에서 공정 흐름도는 양식수조의 용적을 비롯하여 배관의 연결 및 양식수의 흐름 방향, 순환수량 등을 상세하게 표시하여 나타내며 P&ID의 기본이 된다.



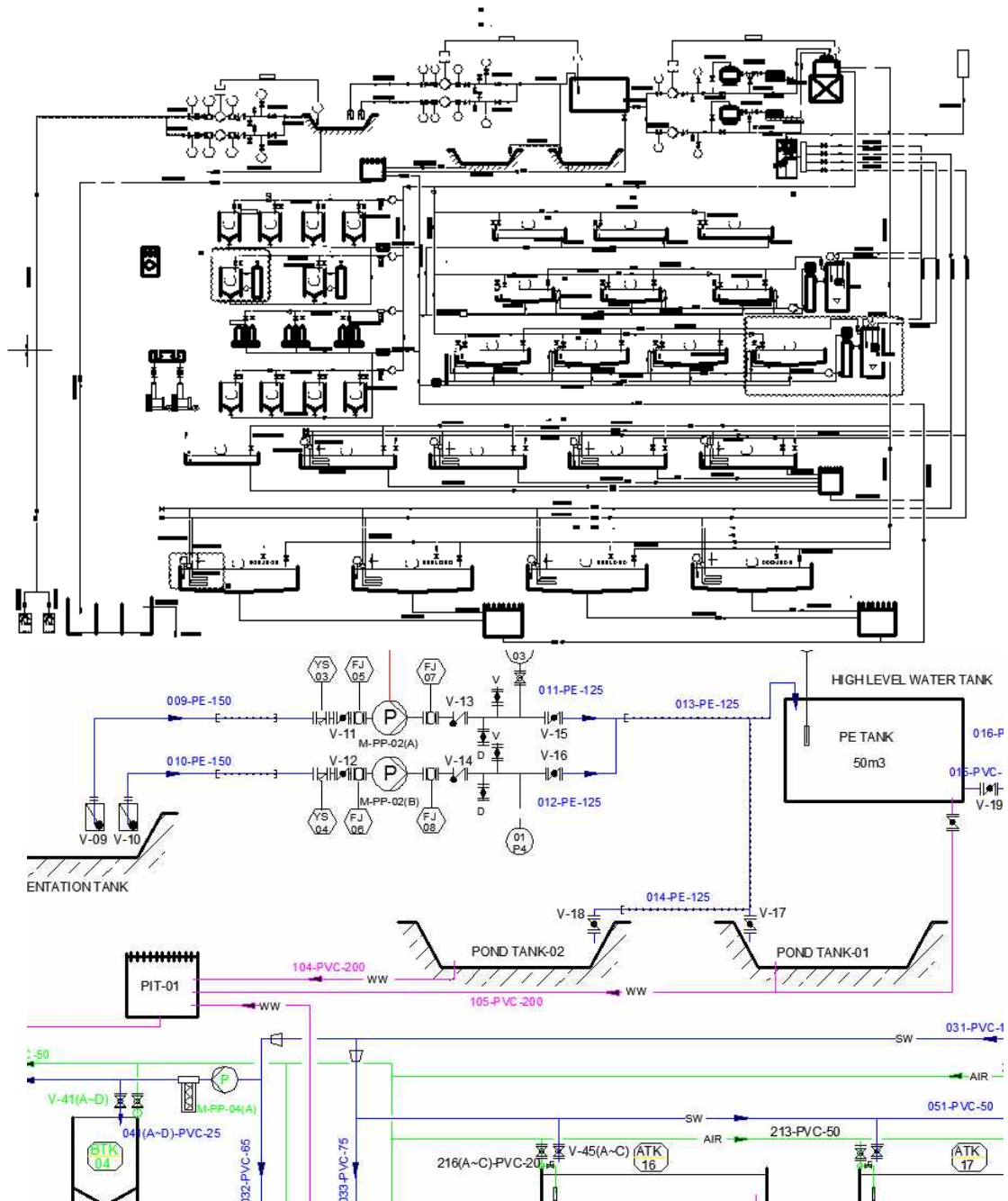
<Fig>공정흐름도

(2) 배관 및 기계류 연결도(P&ID)

양식장 설계도면 중 가장 중요한 도면으로 공정흐름도(Process Flow Diagram)를 기초로 하여 각 시스템을 구성하는 양식기기의 구성과 그 흐름을 상세하게 표시한 그림이다. P&ID는 양식장 설비 계획 및 기본설계를 다음 단계의 건축, 토목, 전기, 배관설계에 반영하기 위하여 그 기본내용을 도식화해서 양식장 설계에 관여하는 여러 전문 설계 엔지니어에게 필요한 정

보를 정리하고 통합한 도면이다.

P&ID에는 모든 기계장치 및 기기류, 여과공정, 배관 및 밸브류, 전기 및 계기류, 모니터링 및 자동제어, 장치의 크기 및 번호들이 상세하게 기록되며 그 모양, 상징 등 설계 및 건축에 필요한 모든 정보가 기입된다. 완성된 P&ID는 양식장 운전자들의 운전, 정비 및 공정개선의 기본 자료가 된다.



<Fig.> P&ID 작성도면

(3) P&ID 표기사항

- ① 모든 양식수조의 크기, 재질, 사양 등 그 내용을 표시하고, 부속되는 모든

집수정, 배관연결방법, 배관의 관경 등을 표시한다.

- ② 공정흐름도에 표기되지 않는 By-Pass, Drain, Vent 등의 연결과 모든 밸브의 종류 및 규격 등을 표시한다.
- ③ 여과조의 규격, 용적, 여과재 투입량, 종류, 흐름 등을 상세하게 기입하고 각종 연결되는 양식설비 및 기기류, 기계류 등의 연결 및 부속되는 기기류 등의 종류, 동력의 크기, 기호 등을 표시한다.
- ④ 기기류 및 기계류 제어 및 자동제어 논리를 표시한다.

(4) P&ID 작성요령

① 설계입력사항

입력사항	내 용
범례(Legend)	고객 또는 설계사의 표준Legend를 사용한다.
기기입력사항	기기의 종류, 형식, 사양, 동력의 크기
배관입력사항	물의 흐름방향, 관경, 관의 종류, 밸브 상세, 보온
양식수조입력사항	양식수조의 재질, 규격, 용적, 담수량, 입·배수관계
전기 및 자동제어	전기제어 및 연동, 자동제어 논리
도면관련사항	도면에 관련된 기타사항

② P&ID 설계기준 및 절차

1) 기호설명 및 범례

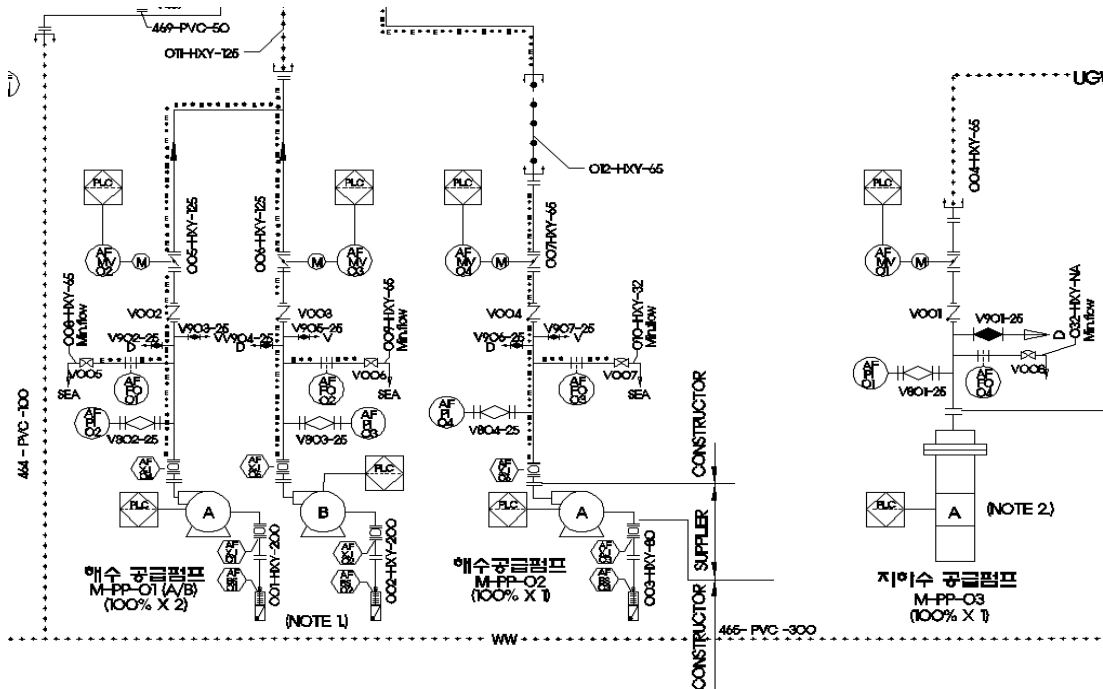
표지에는 P&ID를 쉽게 해독할 수 있도록 사용된 모든 기호, 명명법들을 상세하게 범례를 통하여 정의한다.

	INDIRECT DRAIN OR FUNNEL DRAIN	TE	TEMPERATURE
	UNION	LIT	LEVEL INDICATOR
	CROSS	TCV	TEMPERATURE CONTROL VALVE
	UPWARD SLOPE	PI	PRESSURE INDICATOR
	DOWNWARD SLOPE	TI	TEMPERATURE INDICATOR
	MOTOR OPERATED	LS	LEVEL SENSOR
	SCREWED CAP	CL	CLEANER
	RELIEF VALVE	M	MOTOR INDICATOR
	WATER LEVEL	MV	MOTOR VALVE
	TEE	SF	SAND FILTER
	COCK VALVE	BF	BIO FILTER

<Fig.> 기호 및 범례 표기

2) 배치

P&ID에는 설치될 모든 기기 및 기계의 상대적인 크기 및 배치를 실제 양식장의 개략적인 배치와 합치하도록 제도를 하며, 모든 예비 장치도 표시한다.



<Fig> P&ID 표기

3) 기기번호

그림으로 도시한 모든 기기, 기계 및 장치의 번호는 그 그림 속이나 옆에 표시하여 식별토록 한다. 위 그림에서 적색 원내의 펌프표기 방법이 일례이며 위 표기 M-PP-01(A/B), (100% x 2)의 의미는 M : Machine, PP : Pump, 01:부여번호, (A/B) : 펌프 A와 B 2대, (100% x 2) : 예비펌프 없이 2대가 100% 모두 가동하는 기기라는 의미의 표기 방법이다.

4) 배관 및 밸브(Valve)

P&ID에 표기하는 배관은 배관번호 부여절차(Line Numbering System)에 의해 표시하며 관경, 관의 재질, 연결방법, 유체의 흐름방향 등을 기록한다. 위 그림에서 점선 원 부분은 배관의 표시 방법이며 006-HXY-125의 의미는 006: 일련번호, HXY : 관의 재질, 125: 관의 굵기를 표시하는 의미이며, 밸브류의 번호는V-21 등과 같이 각각의 밸브에 그 번호를 부여한다.

5) 전기 및 자동제어

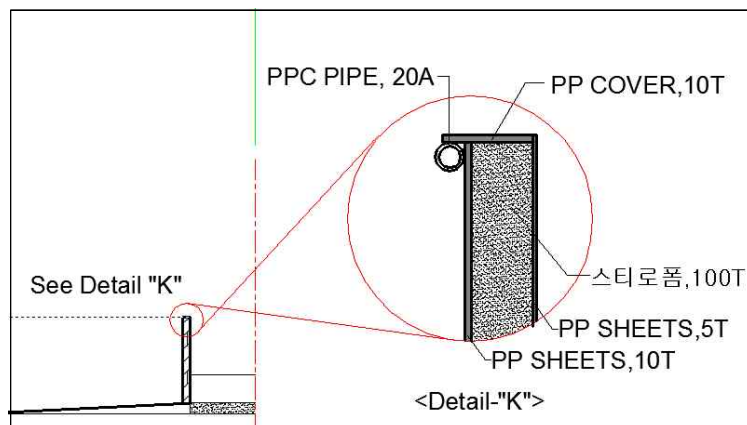
각 장치에 연결된 전기적인 보조 장치들의 기본적인 제어수단은 P&ID에 표시한다. 전기표기는 표준관례(Standard Practice)에 따르며, 전동기 및 특수한

전기제어장치에 대한 연동이나 원격제어체계를 표시하며, 신호전달이나 운전 순서의 방향을 표시하는 곳에는 화살표를 사용한다.

제어가 단지 국부적일 경우에는 표시를 생략하지만, 원격제어일 경우와 국부 제어와 원격제어가 동시에 필요한 경우에는 P&ID에 표시한다. M, MV, 08, PLC 등의 기호와 함께 연동 표시된 그림이 있다. 여기서 M, MV : 전동밸브를 표기하기 위한 기호, 08 : 밸브 일련번호 PLC : 제어장치로 연결되어 원격제어 또는 자동제어임을 표시한다.

(5) 상세도

한 도면에서 크기가 작거나 복잡해서 정상적으로 표기하기 어려운 부분을 별도로 상세하게 나타내는 도면이다. 필요하면 상세도에 표기된 척도를 별도로 표시해 주는 곳이 좋다. 아래의 상세도 일례에서 좌측의 See detail “K” 라고 표기된 부분은 도면 전체의 축적으로 나타낸 도면으로 실제 모양을 알 수 없으므로 이를 상세하게 표현하기 위하여 우측에 상세 도면으로 표기한 것을 나타내는 도면이다.



<Fig> 양식수조 상단부의 상세도 예

(6) 배관도

양식장 설계는 배관설계가 많은 비중을 차지하며 배관의 종류에 따라 배수배관, 급수배관, 순환급수배관, 순환배수배관, Air 배관, 산소배관, 냉·난방배관으로 크게 나뉘며, 도면의 종류에 따라 배관평면도, 등각투영도, 단면상세도 등으로 나뉜다.

① 배관의 종류에 따른 구분

1) 배수배관도

배수배관은 양식장 내의 양식수를 외부로 배출하는 배관을 도식화한 도면을 말하며 양식수조 배수배관도, 집수정 배수배관도, 여과조 배수배관도

등으로 분류된다.

2) 급수배관도

급수배관도는 양식장에 사용하기 위하여 지하수 또는 외부의 물을 기타 양식장으로 인입하여 양식수조 또는 여과조로 공급하거나 기타 필요한 장소에 공급하기 위한 배관도를 말한다.

3) Air 배관도

Air 배관도는 양식수조에 공급하기 위한 공기배관이나 여과조의 폭기를 위하여 브로어 또는 기타 공기 발생장치로부터 공급하는 공기공급 배관도면을 말한다.

4) 산소배관도

고밀도 순환여과식 양식장은 일반 공기에 의한 산소공급만으로는 어류에게 필요한 수중 DO 농도를 유지하기가 곤란하기 때문에 액화산소를 이용하며 이때 어류에게 필요한 산소를 공급하기 위한 배관 도면을 말한다.

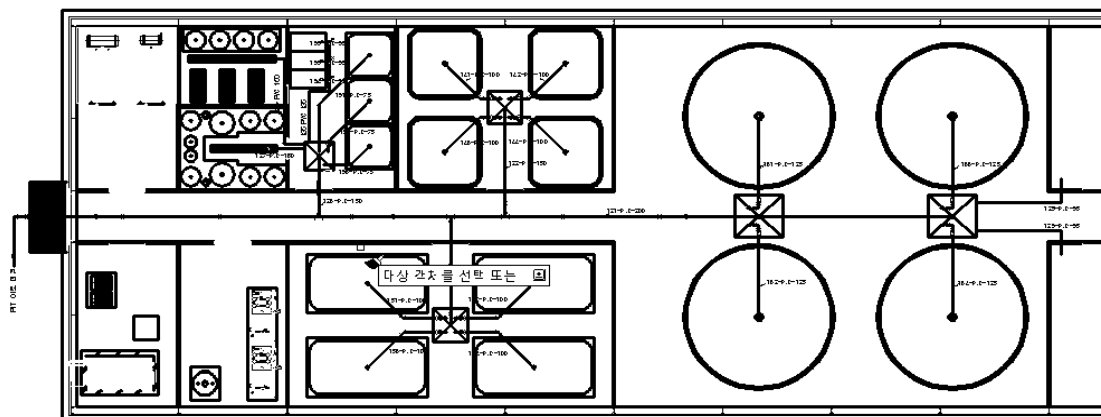
5) 냉·난방배관도

양식장 어류에게 적당한 수온을 유지해 주기 위하여 보일러 또는 냉각기, 히트펌프 등을 냉·온 장치로 연결하는 배관을 말한다.

② 도면의 종류에 따른 구분

1) 배관평면도 (Piping Plan DWG.)

배관의 연결 라인을 평면도상에 나타내는 도면을 말하며 주로 실선을 사용하여 표기하며 치수 등은 기입하지 않고 배관번호를 통한 배관의 재질, 관경, 연결부속, 물의 흐름방향 등을 표기한다.

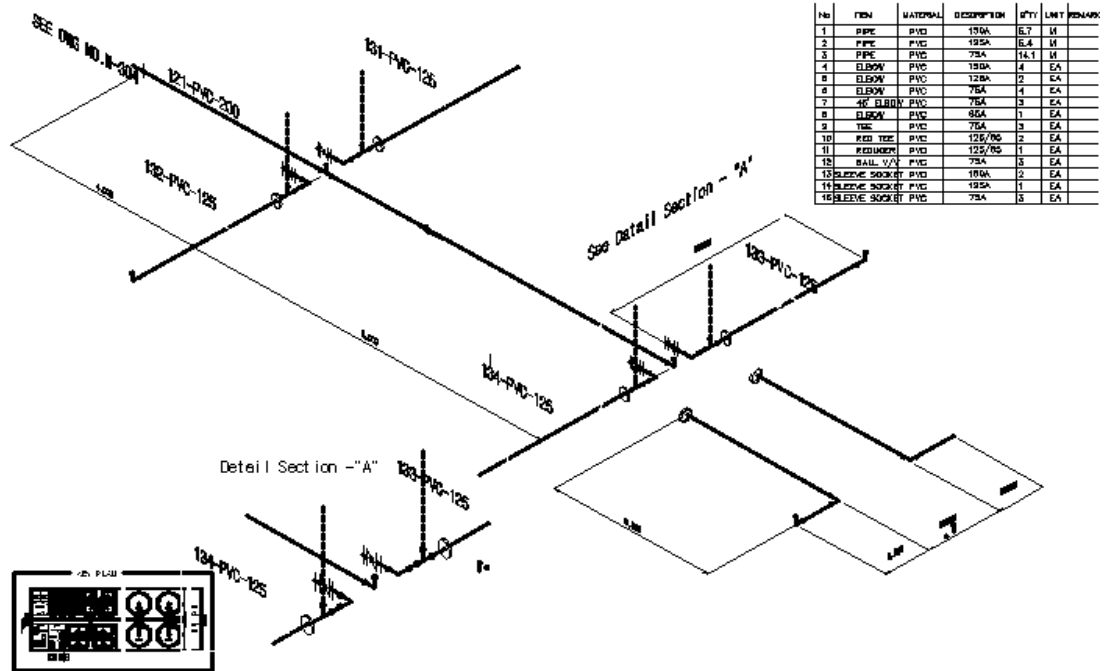


<Fig.> 배관평면도

2) 등각투영도(Isometric Drawing)

등각투영도는 배관 평면도를 기초로 하여 작업자 또는 관련자가 배관을 이

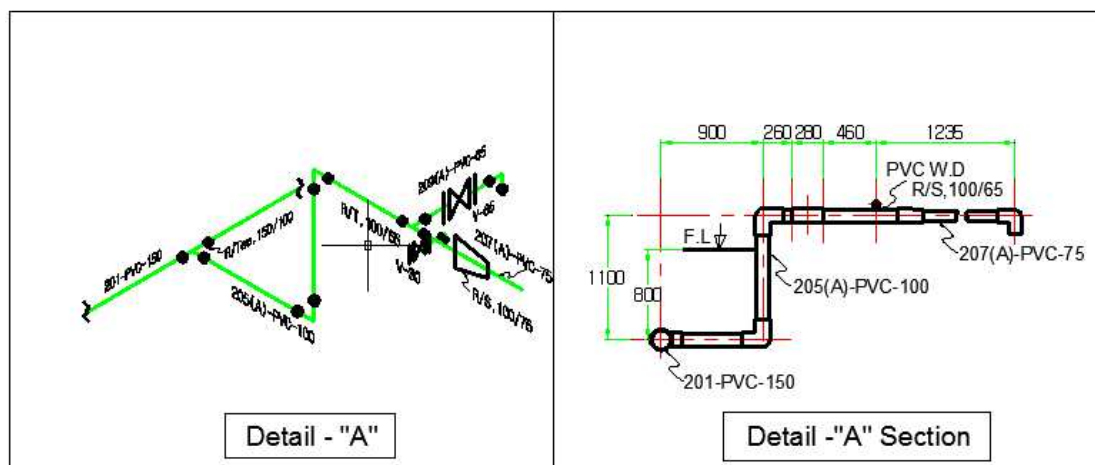
해하기 쉽도록 3차원으로 도식된 도면을 말하며, 표기하는 내용은 평면도와 같으나 실제 치수, 지면으로부터의 높이 또는 깊이 등을 표기한다. 또한 우측 상단부에는 사용하는 배관재료의 종류 및 규격, 필요 수량 등을 상세하게 표기하는 BOM(Bill of Material) 란을 만들어야 하며, 보통 좌측 하단부에 Key Plane 도면을 표기하여 현재 나타낸 등각투영 도면이 전체 평면 배관도에서 어느 위치를 표시하는지 알 수 있도록 한다.



〈Fig.〉 등각투영도 BOM Key Plane

3) 배관단면 상세도

배관평면도 및 등각투영도에 표기하기 어려운 부분은 단면 상세도를 이용하여 표기한다.



〈Fig.〉 배관단면 상세도

(7) 기계 및 기기설치도

양식장에 설치되는 기계류 및 기기의 설치에 관하여 상세하게 표기한 도면을 말한다. 건축 부분과 연관되어 기계설치 베이스의 구조, 설치방법, 배치 등을 상세하게 표기한다. 양식장 기계설치도는 드럼스크린, 산소용해기, 크리너, 링 브로어, 펌프설치도 등이 포함된다.

(8) 전기도

전기도면은 조작반의 도면, 배선방법 도면을 나타내는 도면을 말한다. 배선도에는 전선의 굵기, 전선투레이이 설치 등이 함께 표기된다.

3. 제도 일반

제도(Drawing)라 함은 건축물이나 기계구조 등을 설계자의 의도대로 일정한 규칙에 따라 선, 문자, 기호 등을 사용하여 그림으로 표현하여 관련자들이 이해하도록 하는 작업을 말한다.

과거에는 제도판, T자, 삼각자, 드래프트 등을 이용하여 직접 손으로 작도 하였으나 근래에는 컴퓨터 소프트웨어의 발달로 3D 도면까지 빠른 시간 내에 정확하게 작도 할 수 있게 되었다. 건축제도에 대표적인 소프트웨어는 Auto CAD가 있으며 사용하기가 비교적 쉬워 많이 사용되고 있다.

3.1 제도규격

도면 작성자의 자세한 설명이 필요 없이도 도면에 나타난 사항을 모든 사람이 이해할 수 있도록 제도상의 약속을 규정한 것을 말한다.

3.1.1 제도규격

(1) 각 국가별 제도 규격의 명칭

국가별로 제도 규격을 정해 놓고 있으며 한국은 한국산업규격(KS)제도 규칙에 따른다.

- ① 한국 : 한국산업규격 KS (Korean Industrial Standards)
- ② 미국 : 미국국가규격 ANSI (American National Standards Institute)
- ③ 일본 : 일본공업규격 JIS (Japan Industrial Standards)
- ④ 독일 : 독일규격 DIN (Deutsches Institute for Norming)
- ⑤영국 : 영국규격 BS (British Standards Institution)

⑦ 프랑스 : 프랑스규격 NF (Association Francaise de Normalization)

한국산업규격(KS)의 부분별 기호는 다음과 같이 분류한다.

KS A 기본, KS B 기계, KS C 전기, KS D 금속, KS E 광산, KS F 토건, KS G 일용품, KS H 식료품, KS K 섬유, KS L 요업, KS M 화학, KS P 의료, KS R 수송기계, KS V 조선, KS W 항공, KS X 정보산업

(2) 제도용지 및 표기사항

도면은 정해진 규격을 이용하여 출력하고 관리 할 필요가 있으며, 제도용지는 A₀(841mm x 1,187mm)를 기본으로 반으로 접었을 때 A₁, A₁을 반으로 접었을 때 A₂, 계속해서 A₂→A₃, A₃→A₄ 순으로 크기가 결정된다.

윤곽선은 0.5 이상의 굵은 실선으로 작도하고 중심 마크 및 눈금 마크를 표기하여 복잡한 도면의 위치 검색이나 복사할 때 기준점이 되도록 한다.

용지 규격	가로 x 세로 (mm)	윤곽선			용도
		최소(C)	철할 때 (d)	철하지 않을 때 (d)	
A0	1189 x 841	20	25	20	실시설계
A1	841 x 594	20	25	20	실시설계
A2	594 x 420	10	25	10	기본설계
A3	420 x 297	10	25	10	기본설계
A4	297 x 210	10	25	10	서류

(3) 도면의 표제란

도면 관리상 필요한 사항, 도면의 내용에 관한 정형적인 사항 등을 정리해서 기입하기 위하여 한국 산업 규격(KS A 3007)에서는 도면 일부에 난을 설정하게 되어 있다. 기업체(설계회사)명, 도면 번호, 도면 명칭, 설계책임자, 제도자, 도면 작성 연월일, 척도, 투상법 등을 기입한다.

한국 산업 규격(KS A 0106)에서는 표제란을 도면 윤곽선의 오른쪽 아래 구석의 안쪽에 설치하고, 이것을 도면의 정 위치로 삼도록 하고 있으나 하단부 또는 좌측면에 위치시키는 경우도 있다.

(4) 도면의 배치

양식장 도면에서 배치도나 평면도 등은 북쪽이 도면의 상단으로 위치하게 되었으나 만일 이 작업이 여의치 않을 때에는 방위를 조정하여 작도하되 반드시 방위표시를 해야 한다.

(5) 척도 (Scale)

양식장은 도면용지보다 크기 때문에 실물보다 작게 그려야 하며 실물에 대한

출력 도면에 실제 크기의 비율을 척도라 하며, 출력도면을 스케일자로 측정하여 척도를 곱했을 때 실제적인 실물 크기가 나올 수 있어야 한다.

한국 산업 규격(KS A 3007)에서는 척도를 제도나 도면에서 도형과 대상물의 크기(길이)와의 비율로 규정하고 있으며 대상물의 크기(길이)와 같은 크기(길이)에 도형을 그릴 경우의 척도를 ‘현척(Fill Scale)’ 이라고 하며, 건축 부문에서는 원척이라고도 한다. 대상물의 크기(길이)보다 큰 크기(길이)로 도형을 그릴 경우는 ‘배척(Enlargement Scale)’ 이라고 한다.

대상물의 크기(길이)보다도 작은 크기(길이)로 도형을 그릴 경우의 척도를 ‘축척(Reduction Scale)’ 이라고 한다. 한국 산업 규격(KS A 0110)에서는 척도의 표시 방법을 ‘A : B’ 로 하도록 하고 있다. A는 그린 도면에서의 대응하는 길이이고, B는 대상물의 실제 크기이다. 배척의 값은 2 : 1, 5 : 1, 10 : 1, 20 : 1, 50 : 1, 100 : 1, 200 : 1, 500 : 1 등으로 나타낸다. 현척의 경우에는 1 : 1, 축척의 경우에는 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200, 1 : 300, 1 : 500, 1 : 1000 등으로 나타낸다. 동일한 도면에서는 같은 척도를 사용하지만 상세도면을 함께 표기했을 경우에는 별도로 상세 도면의 척도를 표시하거나 ‘비례척이 아님(NS)’이라고 적절한 곳에 기입하도록 한다.

- ① 전체도면명에 기입하는 축척
- ② 한 도면에서 축척이 다를 경우 축척의 별도표기
- ③ 표제란에 표기하는 축척(A₃로 출력했을 때 1/150의 축척이 됨을 표기

(6) 치수 및 기호의 표기

① 치수의 기입

치수를 기입할 때에는 그림과 같이 본체에서 약간 떨어져서 치수보조선을 끌어내어 치수선을 기입한다. 치수선의 양 끝에는 거리를 나타내는 기호를 붙이는데 거리가 가진 의미에 따라 화살표, 점, 사선 등을 사용하여 표기한다. 치수 숫자의 크기는 출력했을 때 인식하기 좋은 크기로 되어야 하며 척도 및 출력용지의 크기에 따라 미리 설정해 두는 것이 좋다. 만일 전체 도면에서 표현하고자 하는 부분의 크기가 작을 때는 상세도를 별도로 작도하여 표기한다.

CAD상에서 치수는 두 점을 설정하면 자동으로 표기되는데 글씨 크기는 숫자로 설정하여 사용한다. 치수단위는 원칙적으로 밀리미터(mm) 단위로 표기하고 단위기호인 mm는 붙이지 않으며 세 자리 표기 소수점은 원칙적으

로 소수점과의 혼동을 피하기 위하여 사용하지 않는다. 지름, 반지름, 정사각형, 두께, 등 간격 피치 등은 숫자 앞에 다음과 같이 기호를 붙인다.

구 분	도시기호	도식예
지름	∅	∅100
반지름	R	R50
정사각형	□	□100
두께	t	t20
등 간격 피치	@	@500

② 구배표시법

배관 등의 경사도, 양식수조 바닥의 경사도 등의 경사비율을 구배라 한다. 일반적으로 구배는 (높이 / 길이)의 분자를 1로 하는 분수로 표기하거나 분모를 10으로 하는 분수로 표기하며, 백분율(%)로도 표기한다.

관의 구배는 직삼각형 및 숫자를 사용하여 표기한다. 삼각형이 높은 쪽이 관의 높은 지점이며 뾰족한 쪽이 낮은 지점을 향하게 그린다.

예) 배관 길이가 20m이고 높이차가 0.2m인 배관도의 경사도 및 표기
 $= (0.2\text{m}/20\text{m}) = 1/100$, 또는 0.01%



<Fig> 구배표시법

3.2 배관제도

3.2.1 배관의 치수 및 표기법

(1) 관의 표기법

관은 원칙적으로 1줄의 실선으로 표기하고, 동일 도면상에서는 같은 굵기로 표시한다. 다만 관의 특성, 계통, 유체의 특성, 목적 등에 따라 선의 종류를 달리하여 표기하기도 한다. 다만 이때에는 표기한 선의 종류 및 특성을 별도로 명기하여 이해하기 쉽도록 한다. 같은 선의 종류라도 목적에 따라 색을 달리하여 표기 할 수도 있다.

(2) 관의 치수기입

관의 치수는 원칙적으로 mm 단위로 기입하되 단위기호인 mm는 붙이지 않고 숫자만 적는다.

① EL(Elevation)

배관의 높이를 그 지역의 해수면의 높이를 기준으로 한 것이며 일반적으로 EL만 표기되어 있을 때는 관의 중심부(COP)를 기본으로 표기한 것이다. 만일 관을 하단부에서 지지하거나 지면에 놓일 때는 관의 하단부를 기준으로 표기하는데 이때에는 BOP(Bottom of Pipe)라는 표기를 숫자 뒤에 표기하며, 행거 및 건물의 빔의 하단부에 관을 지지할 경우에는 관의 상단부를 기준으로 표기할 필요가 있다. 이대에는 TOP(Top of Pipe)라는 기호를 숫자 뒤에 기입한다.

② GL(Ground Line)

포장된 지면을 기준으로 배관의 높이를 결정한다.

③ FL(Floor Line)

1층의 바닥면을 기준으로 배관이 높이를 설정하는 것으로 다층에서는 도면 이해가 불편하지만 양식장은 대부분 1층으로 건축이 되므로 많이 사용한다.

EL+1000 TOP : 해수면으로부터 배관의 상단부가 1000mm 높이에 있음.

FL+1000 COP : 1층 바닥면으로부터 배관의 중심부가 1000mm 높이에 있음.

GL-1000 BOP : 건물의 외부 포장면으로부터 1000mm 하단부에 배관의 바닥면이 있음.

(4) 관의 라인 인덱스(Line Index for Piping)

일반적인 건축 배관에서는 각 장치와 관에 번호를 부여하는데 이것을 라인 인덱스라 하며 배관의 종류, 유체의 종류, 배관재료, 보온재 등 전반적인 배관 사항을 알 수 있도록 표기한다.

100A - SW - 031 - PVC - CIN

100A : 100mm 관 - 관경(호칭경 A, B로 표시)

SW : 해수- 유체의 종류 (CW:냉수, HS:고압증기, FW:담수, LS:저압증기..)

031 : 관 일련번호 (보통 2~3자리 숫자)

PVC : 아연도금강관 -관의 종류 (STS:스테인리스, SPPS:압력배관용강관..)

CIN : 보온 (CINS:보냉)

그러나 양시장 양식장 배관도에는 관의 일련번호, 관의 종류, 관의 관경 등만을 표시하는 라인인덱스를 기입하며, 필요에 따라 보온재를 기입하기도 한다.

일련번호는 가급적 배관의 흐름의 순서에 따라 기입한다.

예) 301-PVC-65-CIN (301: 일련번호, PVC:관의 재질, 65: 관경 CIN: 보온)

(5) 유체의 흐름 방향

관내의 유체 흐름 방향은 관을 표시하는 실선에 화살표를 기입하여 방향을 표시하며 연결된 부속품의 흐름 방향을 표기할 필요가 있을 때에는 기기의 기호에 방향 표시를 한다.

(6) 배관의 도시기호

배관 도면에는 일정한 도시기호를 정하여 기기 및 부속품 등을 도면에 표기한다.

① 일반 배관의 유체의 표시

___ A ___ 공기
___ G ___ 가스
___ O ___ 유류
___ S ___ 수증기
___ W ___ 물

② 양식장 배관에서의 표시

양식장 배관은 관의 용도별로 일반 도면과는 다르게 표기한다.

___ WWO ___ 퇴수배관 (Waste Water Outlet Line)
___ RWO ___ 순환퇴수배관 (Recirculation Water Outlet Line)
___ RWI ___ 순환급수배관 (Recirculation Water Inlet Line)
___ GWL ___ 지하수급수배관 (Ground Water Line)
___ HWS ___ 보일러 온수급수라인 (Hot Water Supply Line)
___ HWR ___ 보일러 온수회수라인 (Hot Water Return Line)
___ O₂ ___ 산소공급라인 (Oxygen Supply Line)
___ AIR ___ 공기공급라인 (Air Supply Line)
___ FWO ___ 어류채포배수라인 (Fishcatch Water Outlet Line)
___ FWI ___ 어류채포공급라인 (Fishcatch Water Inlet Line)

③ 관이음 부속의 도시기호

연결부속	도시기호	연결부속	도시기호
소켓(Socket)		이경소켓(R/S)	
플랜지(Flange)		유니언(Union)	
엘보(Elbow)		Y티이(Y-Tee)	
티이(Tee)		이경티이(R/Tee)	

④ 계기의 표시

명 칭	도시기호	명 칭	도시기호	명 칭	도시기호
계기일반		압력계		온도계	

⑤ 관의 연결상태 표시

접속상태	실제 배관모양	도면 표기법
관이 접속하지 않을 때		
관이 접속 할 때		
관이 분기 할 때		

⑥ 밸브의 도시기호

관의 연결상태	평면도 표기법	등각 투영도
관이 엘보를 사용하여 직각 상향배관일 때		
관이 엘보를 사용하여 직각 하향배관일 때		
관이 엘보를 사용하여 직각 하향배관 후 직선연결 할 때		
관이 티이를 사용하여 상향 분기후 엘보를 사용하여 굽 었을 때		
관이 티이를 사용하여 하향 분기후 엘보를 사용하여 굽 었을 때		

명 칭	도시기호	명 칭	도시기호	명 칭	도시기호
밸브일반		수동밸브		공기 릴리프밸브	
볼밸브		전동밸브		일반콕밸브	
체크밸브		전자밸브		게이트밸브	
앵글밸브		온도조절밸브		글로브밸브	
버터플라이 밸브		릴리프밸브		삼방향밸브	

도시기호는 위계기 표시의 원 부분에 필요한 기호를 삽입함으로써 기능을 표시하는데 계장도면에 많이 사용된다.

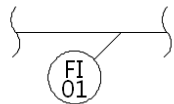
PI : 압력검출계

TI : 온도계

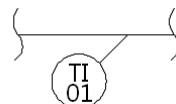
LI : 수위측정계

FI : 유량계

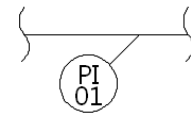
계기표시의 도식 예



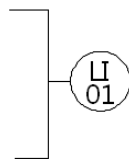
지시유량계
(관로 삽입형)



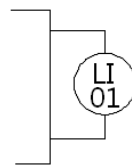
지시온도계
(관로 삽입형)



압력지시계
(관로 삽입형)



내부검출 수위 지시계



외부검출 수위 지시계

⑦ 일반표시 기호

명 칭	기 호	명 칭	기호
지반면	GL	동제창 새시	SW
바닥면	FL	동제도어	SD
중심선	CL	목제창	WW
기둥	C	목제도어	WD
벽	W	빔	G

⑧ 건축용 도면의 재료 및 구조 표시기호

표시사항	축적 1/100~1/200	축적 1/20~1/50	축적 현척~1/10
벽 일반			
콘크리트 및 철근콘크리트			
경량벽 일반			
철 골			
지 반			
로드메탈			
보온재/흡음재			
석 분			

4. 공사설계서

4.1 공사 시방서

공사시방서란 계약자가 공사를 시공하는 과정에서 요구되는 기술적인 사항을 설명한 문서로서 구체적으로는 사용할 재료의 품질, 작업순서, 마무리 정도 등 도면상 기재가 곤란한 기술적인 내용을 글이나 수치, 그림으로 표시한다. 시방서의 종류는 용도에 따라 일반시방서, 계약시방서, 기술시방서, 특기시방서, 약시방서 등 여러 가지가 있지만, 양식장 공사에서는 일반시방서와 특기시방서를 작성한다.

4.1.1 일반시방서

일반시방서는 공동시방서라고 하는 데 공사에 필요한 일반적인 사항을 기재한 것을 말하며 보통 건축 및 배관에 관한 일반적인 공사 사항이 기재되어 있다.

4.1.2 특기시방서

특기시방서는 특정한 공사 부분에 관한 사항을 글이나 그림으로 기술한 것으로 양식장이 완공되었을 때 구조나 기능이 어느 정도인지의 목표치를 표기한다.

이를 위해서 필요한 세부 공사법, 공사에 드는 각종 재료와 재료가 가져야 할 성능, 생산공법, 검사방법, 사용방법 등을 상세하게 기술한다. 시방서는 설계도면을 보완하고 적산의 기본이 되기도 하므로 간단명료하게 작성하고 공사 계약의 일반조건 및 현장설명 사항과도 맞게 작성하여야 하며 시공순서에 따라 차례로 기재 하는 것이 좋다.

4.1.3 시방서 기재사항

시방서의 적용범위 및 사전준비 사항, 사용재료(품질, 규격, 시험검사 방법, 건본품의 제출여부), 시공방법(사용기계 및 공구, 공사정밀도, 공정, 공법, 시공입회 및 검사), 후속 공사의 처리, 안전관리 특기사항들을 기재한다.

4.2 공사원가 계산서

공사원가 계산서는 적절한 공사가격의 산정 및 경영의 능률을 도모하는 데 있어서 공사에 드는 모든 비용을 산출하여 종합적으로 나타내는 문서를 말하는데 공사비 내역서를 기본으로 작성한다. 공사원가 계산서는 재료비 · 노무비 · 경비의 3요소로 분류되고 이를 공사 원가 3요소라 한다.

4.2.1 재료비

공사 재료비는 직접재료비와 간접재료비로 구분하며, 직접재료비는 공사에 직접 사용되는 물품의 비용을 말하며 실제 공사에 사용되는 주재료비와 부속적으로 사용되는 재료의 비용을 말한다. 간접재료비는 공사에 직접 사용하지는 않으나 가설 재료비나 기계오일, 용접가스, 장갑 등 공사에 필요한 소모성 물품의 비용을 말한다.

4.2.2 노무비

노무비는 공사에 필요한 모든 노동의 대가를 말하며 직접노무비와 간접노무비로 나누어 계산한다.

(1) 직접노무비

공사현장에서 계약의 목적물을 완성하기 위하여 작업에 종사하는 종업원, 노무자의 노동력의 대가로 지불하는 것을 직접 노무비라 하며, 기본급(노임단가 및 기본급여에 속하는 정근 수당, 가족수당, 위험수당 포함), 제 수당(시간 외 수당, 야간 및 휴일수당 등 기본급의 성격이 아닌 것), 상여금 및 퇴직급여 총당금의 합계를 말한다.

(2) 간접노무비

간접노무비는 직접 공사작업에 종사하지는 않지만, 공사 현장에서 보조 작업에 종사하는 노무자, 종업원 및 현장 감독자 등의 기본급과 제 수당, 상여금, 퇴직총당금의 합계액으로 한다. 간접 노무비는 직접노무비에 대한 간접 노무비율을 곱하여 산정하는데 직접노무비를 초과할 수 없다.

4.2.3 경비

경비는 경상비라고도 하며 재료비, 노무비, 특별비 등을 제외한 각종 비용을 말하며 항목에 따라 직접재료비 간접재료비 등에 요율을 적용하여 산정한다. 일반관리비 및 이윤은 별도로 산정한다.

4.2.4 일반관리비

일반관리비는 공사기업의 유지관리의 제비용으로 제조원가 및 직접공사에 속하지 않는 회사의 임원급료 · 직원급료 · 제수당 · 여비 · 교통비 · 세금공과금 등을 포함하는 모든 비용을 말하며 재료비와 노무비의 합계에 정해진 비율을 곱해서 산정하며 일정비율 이상을 초과할 수 없다.

4.2.5 이윤

이윤은 공사기업의 영업이익을 말하며 공사원가 중 노무비 · 경비 · 일반관리비의 합계액(기술료, 위탁가공비 제외)에 일정 요율을 곱해서 산정하며 일정 이윤을 초과해서 계산할 수 없다.

4.2.6 공사손해보험

공사 중 발생할 수 있는 사고 및 이에 대한 보상에 대비하여 공사원가에 보험료를 반영하는데 착공 때부터 시험운전 후 건축주에게 목적물 인도 시 또는 별도의 기간을 정하여 정해진 보험에 가입 한다.

4.3 수량조서

수량조서는 공사를 완성하는 데 필요한 재료의 수량과 노무의 공수를 산출하여 정리한 것이며 수량서라고도 한다. 수량조서는 공사 종목별로 분류하여 작성하며 품명, 규격, 산출근거, 수량 등이 명시되어야 한다.

4.4 공사비 내역서

공사비 내역서란 공사 또는 제작 목적물에 드는 재료비, 노무비, 경비 등을 공종 종류별로 구분하여 계산한 내역명세서를 말한다. 여기에는 수량 산출서, 자재 단가, 일위대가표, 공사비내역서, 공사비 총괄표 등이 포함된다.

(1) 수량 및 수량산출서

수량산출서는 도면을 근거로 필요한 자재의 수량을 산출하는 것을 말한다.

(2) 자재단가(Unit Price)

자재단가는 공사비 · 재료비 · 노무비 등의 1단위당 가격을 말하며 정부 고시가격 또는 발표기관에서 발표하는 가격에 따르거나 실물거래가격에 의하여 산정하며 이들 중 같은 품질의 가장 저렴한 가격으로 적용단가를 산정한다. 위에서 산출할 수 없는 특수한 분야의 기계 설비 및 재료 등은 해당 업체의 견적에 의하여 이때에는 2업체 이상의 견적을 받아 단가를 결정하고 첨부해야 한다.

(3) 일위대가

일위대가는 재료 · 노무 · 경비를 따로 계산하지 않고 공사비의 1단위 단가로 합산하여 계상한 것을 말하며 표로 작성하여 공사비내역서 말미에 첨부한다.

(4) 공사비내역서

위의 일위대가표, 단가표, 수량산출서 등을 토대로 실제 공사비 내역서를 공종별로 작성한다.

(5) 공사비내역 총괄표

공사비내역을 기초로 공사비내역 총괄표를 작성하고 이 공사비 총괄표를 기초로 공사원가 계산서를 작성하여 공사비 내역서를 완성한다.

4.5 현장설명서

입찰 또는 견적 참가자에게 도면 및 시방서에 지시한 현장 실제에 관한 설명

및 교통·전력·용수·기타 공사와 관련된 사항에 대하여 서면으로 작성하는 것을 말한다.

5. 공사계약

공사계약이란 공사에 관련하여 당사자 간에 체결되는 법률상 합의를 말하며 신의·성실의 원칙에 따라 이행되어야 한다.

5.1 공사관계자

5.1.1 건축주

건축주는 도급공사에서 주문자 또는 직영공사의 시행주 자체를 말하며 발주자라고도 하며 개인, 법인, 공공단체, 정부기관 등이 있다.

5.1.2 공사감리자

공사감리자는 건축주의 권한을 위임받아 공사 감독 또는 지시 등을 하는 대리인을 말하며 공사현장에서 공정관리, 시공관리, 안전관리 등을 총괄하며 설계도서 및 공사계약 등에 시공이 합일치 되도록 공사시공자를 관리·감독하는 업무를 담당한다.

5.1.3 공사현장 대리인

계약된 공사에 적합한 국가기술자격취득자 또는 건설기술관리법 등 관련하여 기술자로 인정받는 자를 선정하여 공사현장에 상주하며 계약문서와 공사감리, 감독의 지시 및 협의 등에 의해 공사현장의 단속 및 공사에 관한 모든 사항을 관리·처리하는 사람을 말한다.

5.1.4 도급자

도급자는 건설공사를 완성하고 그 대가를 지급 받기 위하여 직접 건축주와 공사계약을 체결한 시공업자를 원도급업자라 한다. 또한, 건축주와 관계없이 공사의 공종별로 나누어 제3자에게 도급을 하는 것을 하도급이라 한다.

5.2 공사 시공 방식

공사시공방식은 직영방식, 도급계약방식으로 나누며 이는 공사의 규모나 경제적 조건에 따라 건축주가 결정한다.

5.2.1 직영공사

직영공사는 건축주가 직접공사에 관한 계획을 세우고 재료구입, 노무자 고용, 시공기계 및 가설재를 직접 선택하여 구매하고 건축주의 책임으로 공사를 시행하는 공사 방식을 말한다.

5.2.2 도급공사

도급공이란 건축주가 설계도서에 따라 공사를 시행하기 위하여 도급업자와 계약을 맺고 그 도급업자 책임하에 공사를 완성하는 것을 말하며 도급업자는 공사에 드는 일체의 재료·노무·기계설비 등을 제공하고 정해진 기간 내에 공사를 완성하는 것을 말한다. 도급공사는 건축주가 한 시공업자에게 모든 공사를 일괄적으로 계약하는 일식도급과 공사를 여러 유형으로 세분하여 공사종류별로 각기 별도로 도급 업자를 선정하여 계약을 체결하는 분할도급이 있으며 몇 개의 시공회사가 공동으로 공사를 수행하는 공동도급이 있다.

5.3 도급방식

도급금액 결정방법에 따라 정액도급, 단가도급, 실비청산 보수가산도급, 일괄수주도급(턴키도급) 등으로 나뉜다.

5.3.1 정액도급

공사비 총액을 확정하여 계약하는 것으로 공사관리 업무가 간편하고 도급업자는 자금계획, 공정계획 등의 수립이 명확하여 공사원가 절감노력이 가능하지만, 장기공사, 설계변경 가능성이 많은 공사는 부적당하다.

5.3.2 단가도급

공사 부분에 해당하는 공사금액의 단가 부분만을 확정하고 공사가 완료되었을 때 실시 수량의 확정에 따라 청산하는 도급방식을 말한다.

5.3.3 실비청산 보수 가산도급

공사실비를 건축주와 도급자가 확인하고 건축주는 미리 정한 보수율에 따라 도급자에게 그 보수액을 지불하는 방법이다.

5.3.4 일괄수주도급(Turn-key contract)

도급업자는 대상계획에 대하여 기업, 금융, 토지조달, 설계, 시공, 기계·기구 설치, 시험운전 등까지 주문자가 필요로 하는 모든 것을 조달하여 주문자에게 인도하는 도급 방식으로 '건축주는 열쇠만 돌리면 쓸 수 있다'는 뜻으로 모든 요소를 포함한 도급계약 방식이다.

5.4 도급업자의 선정

5.4.1 견적에 의한 선정

도급업자를 선정함에는 견적서 제출방법과 입찰서에 의한 방법이 있다. 다수업자의 견적을 받아 비교·검토하고 그 중 가장 적격업체를 선정하여 도급계약을 체결하는 것이 견적계약이다.

5.4.1 입찰에 의한 도급업자의 결정

2인 이상의 공사업자에게 공사비 총액을 기재한 입찰서를 동시에 제출하게 하고 공사에정가격에 합당한 업자에게 공사를 낙찰시켜 도급시키는 방식이다. 입찰은 경쟁입찰에 의한 때와 특명입찰에 의한 때가 있고, 경쟁입찰 방식에는 일반 공개입찰과 지명경제 입찰이 있다.

(1) 일반경쟁입찰

입찰참가자를 공모하여 유자격자는 모두 참여할 기회를 주는 방식이다. 담합의 가능성을 줄이고 공사비 절감에 도움은 있을 수 있으나 과다경쟁의 우려 및 부적격 업체 낙찰의 우려가 있다.

(2) 제한경쟁입찰

일정기준의 시공능력, 실적, 기술보유상황 등의 기준점을 두고 제한함으로써 능력이 부족한 업체의 입찰 참가를 제한하는 입찰방식이다.

(3) 지명경쟁입찰

공사에 가장 적격 하다고 인정하는 특정 다수 업체를 지정하여 입찰시키는 방식으로 공사규모 및 공사내용에 따라 지명할 도급업체의 자본금, 실적, 보

유장비 및 기술력을 고려하여 지명한다.

(4) 특명입찰

건축주가 시공회사에 신용, 자산, 공사실적, 기술력 등을 고려하여 해당 공사에 적합한 업체 1곳을 지명하여 입찰시키는 입찰방식을 말한다.

5.5 입찰과 낙찰

입찰과정을 거쳐 입찰 금액이 가장 낮은 업체를 낮은 업체를 낙찰시키는 것이 원칙이지만 무모한 경쟁을 방지하고 질이 좋은 공사를 완수하기 위하여 미리 최저가격을 정해놓고 예정가격과 최저 가격의 범위 내에서 최저가격 또는 입찰 금액 평균에 가까운 업체에게 낙찰시키는 방법도 있다.

5.6 공사계약

계약의 뜻은 “법률상 일정한 효과의 발생을 목적으로 복수 당사자 사이에 서로 반대의 의사표시의 합치에 의하여 성립되는 법률행위”를 말한다. 입찰이 종료되고 시공업자가 선정되면 발주자와 도급자 간에 도급계약을 체결하게 되면 쌍방의 관계가 법률적으로 확정된다. 도급자는 공사완성의 의무를 지고 대금청구의 권리를 가지며, 건축주는 대금지불 의무와 목적물의 취득권을 가진다.

5.7 계약서

도급계약에는 도급계약서, 설계도면, 공사시방서, 현장설명서, 내역서를 포함하는 설계서를 도급계약 서류라 한다.

5.8 설계도서 해석의 우선순위

공사 도중 설계도서, 법령해석, 감리자의 지시 등이 서로 일치하지 아니하는 경우에 있어 계약으로 그 적용의 우선순위를 정하지 아니한 때는 다음의 순서를 원칙으로 하여 결정한다.

- ① 특기시방서
- ② 설계도면
- ③ 일반시방서, 표준시방서
- ④ 산출내역서
- ⑤ 승인된 시공도면

- ⑥ 관계 법령의 유권 해석
- ⑦ 감리자의 지시사항

6. 양식수조의 설계(Design of Aquaculture Tank)

양식수조는 물과 어류를 입식하고 직접 양식하는 양식장 설비 중 가장 중요하며 양식수조는 관리의 편리성 및 경제성 등을 기초로 양식하려는 어류의 생리적인 특성과 양식 목적에 맞도록 설계 및 제작되어야 한다, 기능적으로는 양식 수조 내의 고형물질의 배출이 원활하고 급·배수가 원활하도록 설계 및 시공되어야 한다.

6.1 양식수조의 설계 (Design for Aquaculture Tank)

6.1.1 양식수조의 설계요소

과거에는 양어장 양식수조는 단순히 어류를 양식하기 위하여 양식수를 저수하는 저수조의 개념에서 크게 벗어나지 못하였었다. 그러나 현대 양식은 양식 기술의 발달과 더불어 양식수조의 기능이 요구되고, 공학적인 측면에서 설계와 시공을 요구하고 있으며 다음의 사항이 고려되어 양식수조가 설계되고 시공되어야 한다.

(1) 양식수조의 설계 전 고려사항

- ① 어종에 따른 수조의 형태 및 양식밀도
- ② 목적에 따른 양식수조의 형상

(2) 양식수조의 주요 설계요소

- ① 양식수조의 재질
- ② 사육조의 평면·단면형상
- ③ 사육수의 유·출입 장치
- ④ 고형물질 배출장치

6.1.2 양식수조 설계 전 고려사항

(1) 어종에 따른 수조의 형태 및 양식밀도

순환여과식 양식장에서 단위 면적당 적정한 양식밀도를 산정하는 것은 전체 양식장 규모를 결정하는데 가장 기본적인 항목이지만 정확한 양식밀도를 결정하는 것은 그리 쉬운 일은 아니다.

일반적으로 어류는 넙치 종과 같이 바닥에 착저해서 성장하는 어종이 있는데 이러한 어종의 양식수조는 같은 담수량(淡水量)이라고 하면 양식수조의 바닥을 넓게 하는 것이 좋다. 감성돔, 참돔 등과 같이 회유성 어종이라고 하면 깊이를 깊게 하고 양식수의 수류 회전력을 좋게 해줄 필요가 있다. 또한, 흰 다리새우, 참게, 메기 등과 같이 서로 공식을 하는 어종이라면 이를 방지할 수 있는 양식수조의 형태로 설계할 필요가 있다.

양식 어류의 양식밀도는

$D \text{ density} = L / C \text{ density}$ 식으로 된다.

여기서

- $D \text{ density}$: 어류의 양식밀도 (lbs/gal)
- L : 어류의 체장 (Inch or cm)
- $C \text{ density}$: 상수
 - 틸라피아(Tilapia) : 1.5 (L을 Inch로 계산 할 경우)
0.24 (L을 cm로 계산 할 경우)
 - 농어류(Perch) : 2.5(L을 Inch로 계산 할 경우)
0.4(L을 cm로 계산 할 경우)

위의 식은 순환여과식 양식장에서의 경험식이며, 어종 및 어류의 크기, 여과 능력 및 양식기술에 따라 달라진다. 현재 국내에서 순환여과식으로 가장 많이 양식하고 있는 어종인 뱀장어의 경우 1m²당 200kg까지 양식이 가능하다. 양식밀도를 결정하면서 중요한 것은 보통은 1년간, 또는 1회 생산 단위로 양식 마릿수를 결정하는 것이 좋다. “All-in and All-out” 방식이 되겠지만 이는 현실적으로 불가능하며 가장 먼저 성장하여 첫 출하 시기 및 이후부터 최종 출하까지의 출하 기간을 고려하여 최대 양식밀도를 결정하여 양식장 규모를 결정할 수 있다. 양식기간 중 어류의 양식수조 간 이동은 스트레스를 주기 때문에 바람직하지 못하지만, 일정한 기간을 두고 크기별 선별을 하여 분리 양식하는 것이 바람직하다.

(2) 양식목적에 따른 양식수조의 설계

양식목적이라 함은 양식 후 출하목적에 따라 종묘생산시설, 중간육성양식시설, 완전양식시설인가를 말하며, 이들을 복합하는 양식장도 있다.

양식목적에 따라 양식수조의 모양과 형상이 달라지는데 예를 들어 종묘생산

시설인 경우 치어의 관리와 관찰이 쉽도록 수심이 얇고 수조가 낮은 것이 좋으며 미생물 배양시설과의 연계성도 중요하다.

중간육성 시설이라 함은 시설이라 함은 치어 단계부터 적당한 크기로 중간 육성하여 판매를 하거나 자원조성용으로 방류를 목적으로 하는 양식장을 말하며 이에 알맞은 양식수조 시스템을 구축할 필요가 있다.

6.2 양식수조의 주요 설계요소

6.2.1 양식수조의 재질

현재 세계적으로 양식장에서 사용하고 있는 양식 수조의 재질은 국가 및 지역에 따라, 또는 양식어류의 생리적 특성에 따라 다양하며, 가장 경제적이고 내구성이 좋으며 관리 및 사용이 편리한 소재를 선택해야 한다.

(1) 역학적 성질

① 탄성과 소성

물체의 외부에서 힘을 주면 변형이 생긴다. 이때 외부에서 힘을 없애면 원 상태로 복귀하려는 성질을 탄성이라 하고 원 상태로 돌아가지 못하고 남아 있는 성질을 소성이라 한다. PP, PE 등을 포함한 합성수지 제품은 탄성이 큰 소재라 할 수 있다.

② 강도

재료에 하중이 작용했을 때 그 하중을 견딜 수 있는 세기의 강도를 재료의 강도라 하며 일반적으로 단위 면적당 작용하는 힘(kg/cm^2)으로 나타낸다. 강도에는 압축강도, 인장강도, 휨강도, 충격강도 등이 있는데 합성수지 재료 중에서 PP, PE 등의 소재는 강도가 약하지만, FRP, 콘크리트 재료는 강도가 강한 재료다.

③ 강성

재료가 외부에서 힘을 받을 때 변형에 견디는 성질을 강성이라 하며, 변형을 적게 일으키는 재료를 강성이 크다고 할 수 있다.

④ 인성

재료가 파괴될 때까지 큰 힘에 견디며 변형이 크게 일어나는 성질을 인성이라 한다. PP, PE재료는 인성이 큰 재료라고 할 수 있다.

⑤ 취성

재료에 외력을 가했을 때 조금만 변형해도 파괴되는 성질을 취성이라 한다. 콘크리트, PVC 등은 작은 힘에도 파괴되기 쉬운 취성이 큰 재료다.

⑥ 연성

재료가 인장력을 받았을 때 잘 늘어나는 성질을 연성이라 한다. PP, PE 등의 소재는 연성이 큰 소재에 속한다.

(2) 화학적 성질

양식수조 재료는 재료의 화학적 성분, 화학반응, 화학약품에 대한 저항성 등의 화학적 성질이 중요하다. 이와 같은 재료의 화학적 성질을 포함하는 재료의 견습 · 동결과 마멸 · 용해 물리적 작용이나 산 · 알칼리 등의 화학적 작용에 저항하는 성질을 재료의 내구성이라 한다. 특히 양식장 시설 재료로는 물에 장기적으로 접촉하고 햇빛에 장시간 노출되는 경우가 많으므로 내구성이 큰 재료를 선택해야 한다.

6.2.1 양식수조의 재질별 특성

(1) PP (Polypropylene)

PE와 더불어 석유화학제품을 대표하는 열가소성 수지로 프로필렌을 중합하여 고체로 된 재료로 인장강도와 충격강도, 표면 강도가 우수하고 내열 · 내약품성이 좋아 다양한 용도로 사용되고 있으며 양식수조 용도로 사용하기에도 우수한 소재다. 다만 햇빛에 장시간 노출되었을 경우 내구성이 떨어지므로 주로 실내 양식장용으로 사용하는 것이 좋다. 강도 및 강성이 약하므로 사각형 양식수조의 제작에는 적합하지 않으며 원형양식 수조의 제작에 적합하다. 현재 국내에는 양식수조 전용으로 PP재료 생산공장이 있어서 다양한 규격의 재료를 생산하고 있다.



〈Fig〉 PP 양식수조 공사모습 및 완공 PP수조

(2) PE (Polyester)

PP 소재는 PP와 비교하면 더 연성의 성질을 가지고 있으므로 대형 양식 수조의 제작에는 적합하지 않고 해외의 경우 소형 양식수조 또는 미생물배양 시설로서 사출 성형 제품을 제작하여 사용하는 예를 볼 수 있다. 국내에서는 주로 물탱크용이나 오래된 시멘트 양식수조의 표면을 감싸주는 라이닝용 수조로 많이 사용된다.



〈Fig〉 PE양식수조 및 라이닝 수조 모습

(3) FRP(Fiberglass Reinforced Plastic)

FRP는 일반적으로 Fiberglass라고 부르기도 하는데 합성수지 속에 섬유유기재를 혼입시켜 기계적 강도를 향상시킨 수지의 총칭이며, 강도가 강하고 수명이 길며 부패하지 않는 특성이 있어 일반에서도 욕조, 골프클럽, 공업용 절연자재 등 폭 넓은 분야에서 사용되고 있다. 화학적으로 유리섬유를 혼입하는 G-FRP와 탄소섬유를 혼입하는 C-FRP로 구별하며 기초가 되는 수지에 따라서는 실리콘계, 페놀계 등으로 나뉜다. 양식수조로는 해외에서 일반화되어 많이 사용하고 있는데 제작 단가가 비싼 편으로 대형 양수조로는 적합하지 않으며 이동용 소형양식수조 및 미생물 배양수조 등에 주로 사용한다.



〈Fig〉 FRP 양식수조 및 PVC양식수조

(4) PVC(Polyvinyl Chloride)

염화비닐의 단독 중합체 및 염화비닐을 50% 이상 함유한 혼성중합체를 일컫는데 투명 및 연질제품도 있다. 양식수조로 사용할 경우 소형의 사각 수조로 제작해 열대 관상어 부화장 등에 사용하기에 적합하며, 실험용 수조, 미생물 배양수조로 사용이 가능하다.

PP 또는 PE에 비하여 비싼 편이며 현재 국내에서 생산되는 제품은 후판인 경우 폭이 1.2m에 길이 5m까지 주문 생산이 가능하다. 대형의 양식수조의 경우 용접부위가 많아 제작공정이 길고 저온에서 깨지기 쉬운 단점이 있다.

(5) 콘크리트(Concrete)

시멘트란 넓은 의미에서 물질과 물질을 접합시키는 성질을 가진 모든 재료, 즉 무기질 접착제 또는 광물질 등을 말한다. 그러나 우리가 말하는 보통 시멘트라 함은 물과 섞으면 시간이 지남에 따라 굳어지는 성질을 가진 석회석 수경성 시멘트인 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)를 말한다. 콘크리트는 과거의 양식수조 소재로 대부분 사용하던 소재이다. 콘크리트 재료는 모양이나 형상을 임의대로 만들기가 쉬우며 튼튼하고, 사각형 형태의 양식수조는 양식수조 벽을 공유할 수 있어 양식장 용적률을 높여 토지 이용률을 높일 수 있는 장점들이 있으나 인장력이 약해 균열이 생기기 쉬우며 한 번 시공된 양식수조는 개조가 어렵고, 특히 시간이 지남에 따라 내부로 세균이 침투하여 만성 세균 감염의 원인이 된다.



〈Fig〉 콘크리트 양식수조 모습

(6) PVC-CP (PVC Compound Panel)

최근 건축재료의 개발 및 발달로 인한 양식수조로 적합한 제품이 나오기도 한다.

PVC-CP는 콘크리트 양식수조 건축할 때 콘크리트를 타설하기 위하여 설치

하는 유로폼을 시멘트 타설 후 해체하지 않고 그대로 유지하는 건축소재이며, 폼 자체가 합성수지 제품으로 벽체가 되어 외관이 좋으며, 시멘트 수조의 단점인 병원균 침투 및 누수의 염려가 없다. 작업시간이 빠르고 원형 및 사각양식수조의 제작이 가능한 장점이 있어 향후 국내에서도 많이 사용 될 전망이다.



〈Fig〉 PVC-CP양식수조 제작모습

(7) 기타 양식수조 재료

과거에는 천막지, 철판, 나무 등을 소재로 하는 양식수조가 사용 되었으나 현재는 잘 사용하지 않고 있다.

〈Table〉 각 양식수조의 재질별 특징

양식수조 재질	내구년한	평면형상	용 도
PP Sheets	20년이상	원형	순환여과식 양식장 외 다용도
PE Sheets	20년이상	원형	실험용 소형 양식수조
FRP	20년이상	원형, 사각	실험용 소형 양식수조
PVC	20년이상	원형, 사각	종묘생산시설 및 실험실 시설
시멘트	5년	사각외 다양	순환여과식 양식장 외 다용도
나무 또는 철판	1~2년	사각외 다양	잘 사용하지 않음

6.2.2 양식수조의 평면형상

양식수조의 평면형상이라 함은 위에서 내려다보았을 때 보이는 수조의 모양을 의미하여 일반적으로 양식수조의 평면형상은 원형, 정사각형, 팔각형, 직사각형의 구조로 이루어지는데 어류의 특성, 양식식수조의 제작비용, 토지이용도, 시설단가, 수질관리, 어류의 양식관리 등을 고려하여 설계하고 시설된다. 양식수조 내의 유동구조에 관한 수리 실험 및 수치 실험 결과에 의하면 원형수조가 가장 이상적인 유동구조를 가진 양식수조의 형태로 나타났으며, 원형에 가까운 팔각형 양식수조의 경우 수평적인 속도분포나 연작방향의 속도 분포 등

에 있어서 사각형 수조보다 좋지 않은 결과를 보인다. 사각형 우각부의 사수영역을 곡선으로 처리한 평면형상이 수리학적인 측면이나 경제적인 측면에서 가장 유리하다고 할 수 있다.

(1) 원형 양식 수조 (Circular Aquaculture Tank)

일반적으로 가장 많이 제작 및 시공이 되는 양식수조 형태로 원형양식 수조의 장 · 단점은 다음과 같다.

- ① 양식수조 내에서 수질 환경을 고르게 분포시켜서 양식수조내의 모든 어류에게 일정한 환경을 제공할 수 있다.
- ② 양식수조에서 유속을 적당하고 일정하게 유지 시킬 수 있어서 어류에게 스트레스를 주지 않아 양식생산성을 높일 수 있다.
- ③ 침전된 고형물을 중심부로 쉽게 모이게 할 수 있어 수질관리가 용이하다.
- ④ 양식수조 벽면에 일정한 수압이 작용하여 강도가 높지 않은 재료를 이용한 양식수조 제작이 가능하므로 제작 단가가 저렴해 질 수 있다.
- ⑤ 토지 이용도가 좋지 않다.

(2) 원형 양식수조의 단위면적 결정

양식수조의 단위면적이라 함은 양식수조의 평면형상에서 1개 수조의 면적을 의미한다. 원형 양식수조 설계에는 양식수조의 단위면적의 결정이 가장 선행되어야 한다. 이미 정해진 양식장 부지 내에서 양식수조의 단위면적은 양식수조의 수량(數量), 담수량(淡水量) 및 작업동선, 공간 활용도 등을 결정하는 가장 기본적인 사항이 된다. 단위면적의 결정은 다음의 사항을 고려하여 결정한다.

① 토지의 이용도

토지이용도를 높이기 위해서는 양식수조의 단위면적을 작게 하고 단면에서 벽면의 높이를 깊게 할수록 담수량이 많아지므로 토지이용도에서는 좋다. 그러나 불균형적으로 깊은 수조는 수류회전에 이상이 발생하고 양식수조 전체에 수질을 고르게 분포시키기 어려우므로 좋지 않다.

또한, 양식장 부지의 규격이 이미 정해져 있다면 건축물 시설 및 작업동선, 공간 활용도 등을 고려하여 단위면적을 결정해야 한다. 예를 들어 양식장 폭이 15m로 이미 결정 되었다면 건축물 시설을 감안하여 양쪽으로 50cm 거리를 두고, 중심부에는 작업 및 공간 활용을 위한 공간 2m의 거리를 둔 나머지 6m 원형수조로 설계하는 것이 가장 이상적이다.

② 수위(Water Level)

양식수조에서 수위(水位)라 함은 양식수조 하단부에서 수면까지의 높이를 말하며 어종의 특성에 따라 수위는 달라진다. 또한 수면으로부터 양식수조 상단부까지의 공간높이도 어류의 특성상 뛰어넘는 것을 방지하기 위한 적절한 높이가 결정 되어야 하며, 이들 수위 및 공간높이를 고려하여 단위면적을 설계해야 한다.

③ 순환수량(Recirculating Water Quantity)

순환여과식 양식장에서는 양식밀도에 따라 순환수량(1일 회전수)이 결정되며 어류 밀식도가 증가할수록 오염 부하량이 커지고, 산소 요구량이 많아지므로 순환량을 늘려야 한다. 일반적으로 순환여과식 양식장에서 1일 회전량은 24회전 ~48회전(양식수조 정체시간 30분~1시간)으로 설계하는 것이 보통이다. 이에 맞는 양식수조의 직경은 4m~8m가 일반적이다.

④ 어종 및 사료에 의한 양식수조 크기 결정

어류의 종류 및 특성(착저성, 회유성..)등에 따라 또는 사료의 종류(부상, 침강, 분말, 입자..)에 따라서도 양식수조 단위면적의 고려 대상이 된다.

예를 들어 착저성 어종인 경우 면적을 넓게 그리고 깊이를 낮게 설계하고, 회유성 어종인 경우 단위 면적을 좁게 그리고 깊이를 깊게 할 필요가 있다. 사료의 종류에 따라 오염이 심한 사료는 수질관리를 위해 규모를 작게 할 필요가 있다.

(3) 원형양식 수조에서의 수류역학

① 양식수조 유속의 결정

양식수조의 설계 및 시공에는 양식과정에 발생하는 고형물질을 효과적으로 배출시키도록 하는 것이 무엇보다 중요하다. 이는 양식수조 내에서의 수류 및 유속과 관계가 있으며 이러한 결과를 얻기 위해서는 양식수조 내에서 물이 연속적으로 회전하여야 한다.

또한, 회전 속도는 양식수조 벽으로부터 중심부까지 그리고 수면으로부터 바닥까지 일정해야 신속하게 자기정화(Self Cleaning)로 고형물질을 제거할 수 있는데 침전된 고형물질을 중앙 배수구 쪽으로 이동시키기 위해서는 15~20cm/sec의 유속이 적당하다고 알려져 있다. 양식수조의 유속에 직접적인 영향을 미치는 요소는 동일한 유량 조건하에 양식수조의 크기, 양식 순환수의 유·출입 장치 등이다.

양식수조 내에서 회전하는 수류의 속도는 유입되는 속도와 상관관계를 갖는다. 즉, 양식수조로 유입되는 유속을 V_{IN} , 양식수조 내에서 회전하는 수류속도를 V_{CIR} 이라고 하면 양식수조 내 수류속도 V_{CIR} 은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$V_{CIR} = k \times V_{IN}$$

여기서 $k=0.15\sim0.20$ 이며, 유입되는 각도, 낙차 높이 등에 영향을 받는다. 예를 들어 6m 원형 수조에서 1일 24시간 회전하는 시스템에서 유입수 파이프의 지름을 65mm라고 가정하면,

유입되는 유속(V_{IN}), m/sec = (수량(Q),m³/sec) / (유입구 단면적(A),m²)

- 수량 ; 1시간에 한 번씩 회전하므로 28m³/hr

$$= 0.46\text{m}^3/\text{min}$$

$$= 0.0077\text{m}^3/\text{sec} \text{ (7.7 l /sec)}$$

- 유입구 단면적 ; 65mm파이프 이므로

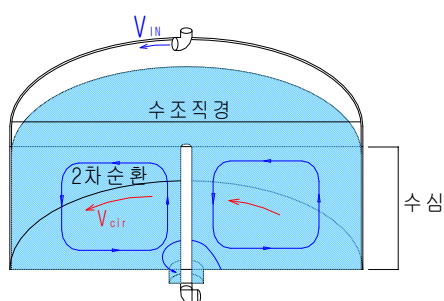
$$= 0.0325 \times 0.0325 \times 3.14$$

$$= 0.0033\text{m}^2$$

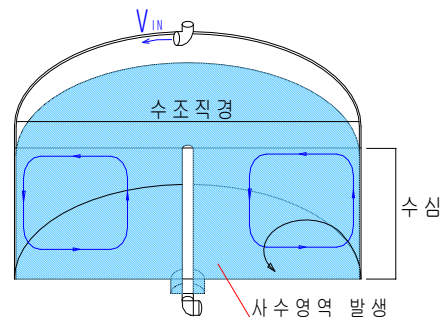
따라서 $V_{IN} = 2.33\text{m/sec}$

여기서 k 를 0.15라고 가정하면 양식수조 내 수류속도 $V_{CIR}=0.15 \times 2.33\text{m/sec} = 0.34\text{m/sec}$ 로 계산할 수 있다. 그러나 현장 적용 시 위의 계산 인자보다 다양한 양식수조의 재질, 어류의 밀도, 양식수조의 평·단면 형상 등 여러 요인에 의해 수류속도는 변할 수 있다. 수류회전속도는 어체의 길이에 비례하며 보통 1.5~2.0L (cm/sec)가 적당하다고 알려져 있다.

② 원형양식 수조의 방사형 흐름 (Radial Flow)



<Fig> 정상적인 방사류 흐름



<Fig> 비정상적인 방사류 흐름

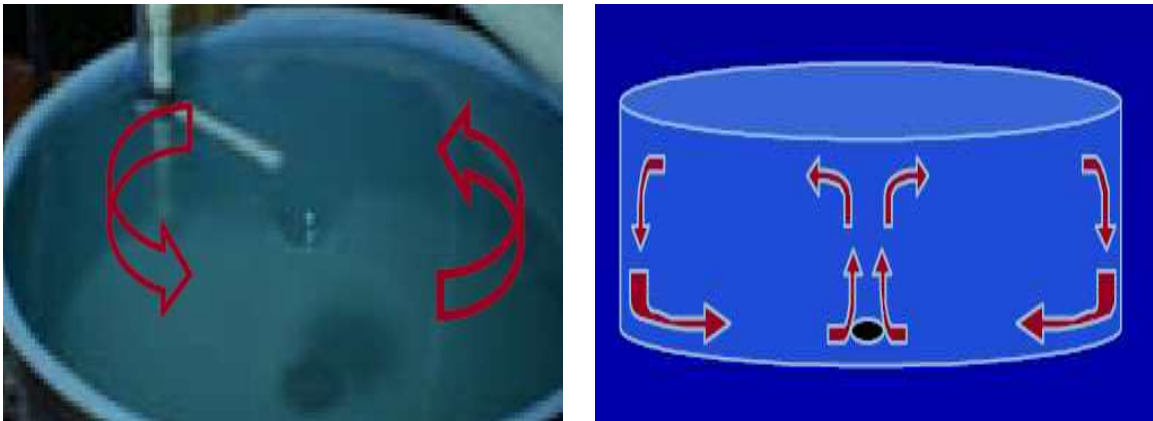
양식수조에서 1차적으로 발생하는 수류 회전력은 2차적으로 방사형 흐름

(radial flow)을 일으키게 된다. 이 방사형 흐름은 양식수조 내에서 양식수의 완벽한 혼합을 일으켜서 양식수조 내의 수질을 일정하게 유지하는 역할 및 발생하는 고형물질을 중심부로 모이게 하는 역할을 한다.

그러나 양식수조의 지름과 깊이의 비율이 맞지 않거나 수류를 방해하는 이물질이 존재하거나 유입수의 흐름 및 배출수의 양이나 비율이 적당하지 않을 경우 그림과 같이 사수영역이 발생하여 양식수조 내의 수질이 고르게 유지되지 못하고 국부적인 수질변화가 발생하기도 하고 고형물질이 중심부로 모이지를 않아 고형물질의 배출이 정상적으로 이루어지지 않는 등 부정적인 영향이 발생할 수 있다.

③ 원형양식 수조에서의 자기정화 (Self Cleaning)

순환여과식 양식수조에서 침전 가능한 고형물질을 바른 시간 내에 외부로 배출하는 작용은 무엇보다 중요하다. 이는 양식수조 내에서 발생하는 1차 수류회전흐름, 2차 방사형 흐름에 의하게 되는데 양식수조의 중심부를 통하여 배출되는 수량 및 침전된 고형물질이 어류에 의하여 재부상 되는 정도에 따라 효과가 달라진다. 고형물질은 비중이 1.05~2.0정도가 될 때 침전이 가능하며, 유속이 15~20cm/sec로 회전력을 주었을 때 고형물질이 중심부로 모이게 된다. 이는 찻잔에서 티스푼으로 저어 주었을 때 가운데로 이물질이 모이는 “Tee-Cup” 효과로 설명할 수 있다.



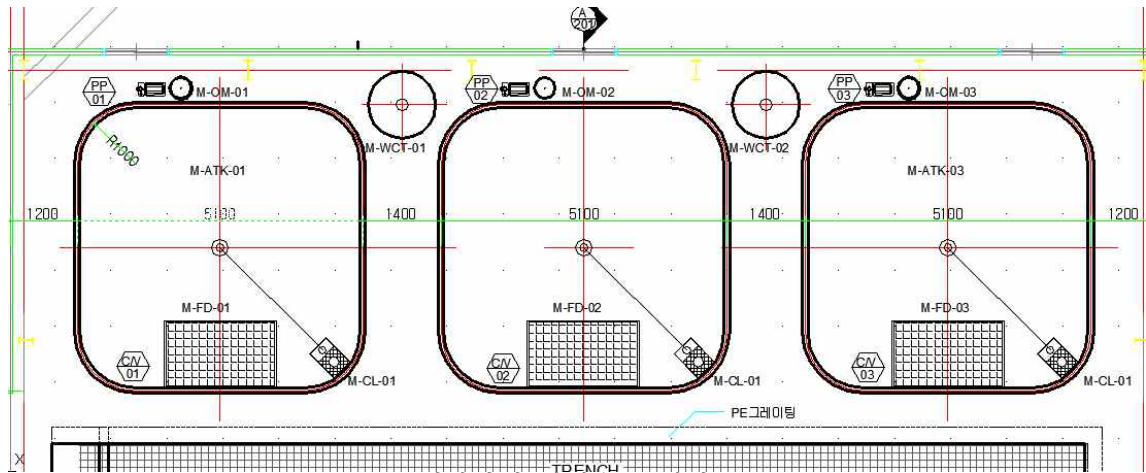
<Fig> 1차 수류회전흐름 및 2차 방사형 흐름

(2) 정사각형 양식수조

일반적으로 정사각형 양식수조는 이어지는 수조와 벽면을 공유할 수 있어 토지 이용도가 원형양식 수조에 비하여 우수하다.

다만 모서리 부분에 사수영역을 제거하기 위한 설계가 되지 않을 경우 수류회전이 원활하지 않아 수질관리의 어려움을 겪을 수 있으며, 구조상 강도가

강한 양식수조 재료를 사용해야 하기 때문에 설치비가 비싼 단점이 있다. 사수영역이 없는 원활한 수류 흐름을 위하여 아래 그림과 같이 사각양식 수조를 한 면의 길이 L과 0.2L 정도를 모따기 또는 라운딩 처리 설계를 한다.

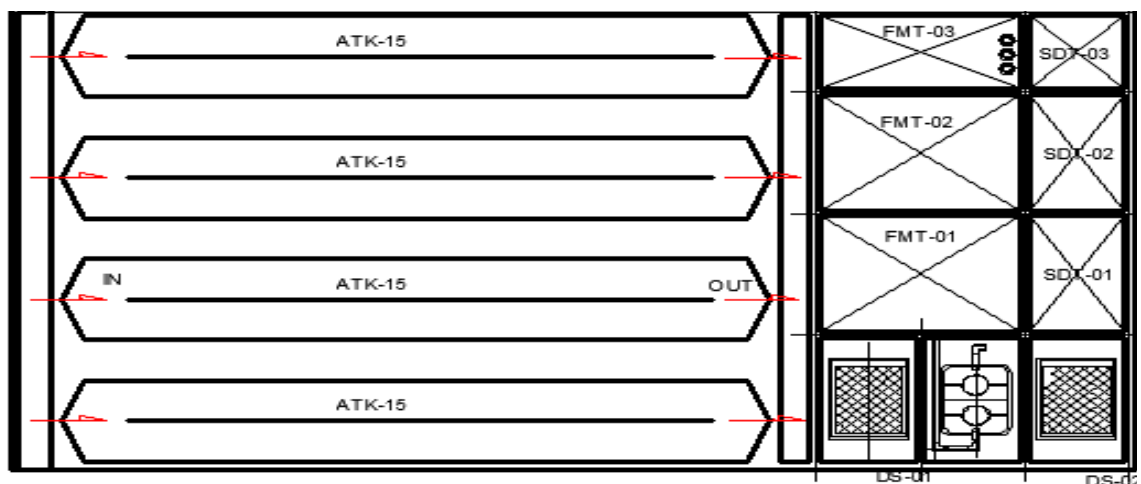


<Fig> 정사각형 양식수조 평면도

(3) 수로형 양식수조 (Raceway Tank)

① 수로형 양식수조의 평면형상

수로형 양식수조는 직사각형 평면형상으로 미국 등에서 연어와 무지개송어 양식을 위한 양식수조로 개발되어 주로 이용됐던 방법이다. 수로형 양식수조는 토지 이용도가 높고 양식하는 어류의 관리 및 선별이 쉬운 장점이 있지만 수질을 유지하기 위한 대형의 양식수조가 필요하고 자기청소기능(Self Cleaning)기능이 부족하다는 단점이 있다. 물은 양식수조의 한 끝 지점에서 유입되어 Plug Flow 흐름을 통해 흘러가므로 물이 유입되는 지점의 수질은 좋지만 유출부쪽으로 가면서 점차

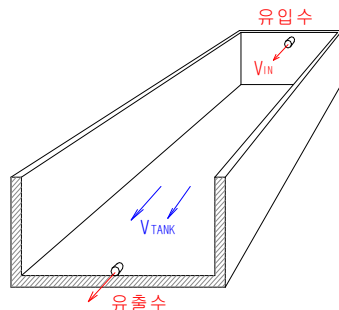


<Fig> 수로형 양식수조의 평면도

악화된다. 수로형 수조에서 양식수의 흐름은 2~4m/sec의 낮은 유속 때문에 침전된 고형물질의 제거가 효과적이지를 못하므로 청소를 자주 해 주어야 한다. 현실적으로 수로형 양식수조는 양식어류에게 적당한 수질환경을 제공하기란 불가능하며 최근에는 고형물질 제거가 필요 없는 타가영양박테리아를 이용한 BFT양식법에 수로형 수조를 이용하고 있다.

② Raceway 양식수조의 수류역학

양식수조 내에서 침전된 고형물질을 이동하여 배출하기 위한 양식수조의 유속 $V_{\text{tank}}=15\sim20\text{cm/sec}$ 이상으로 양식수조의 유·출입량에 따라 다르며 계산식은 다음과 같다.



$$V_{\text{tank}} = (L_{\text{tank}} \times R) / 36$$

V_{tank} = 양식수조의 유속 (cm/sec)

L_{tank} = 양식수조의 길이(m)

R = 환수량(회/hr)

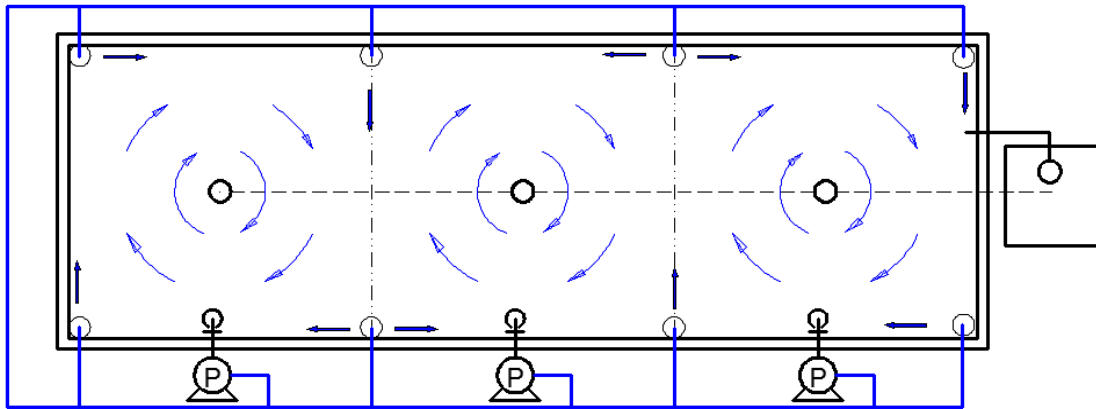
36 = 단위환산 상수

예를 들어 길이가 25m, 폭이 2m이고, 수심이 1m인 Raceway 수조에서 시간당 1회전의 환수량일 경우 양식수조 내에서의 유속 $V_{\text{TANK}} = (25\text{m} \times 1/\text{hr}) / 36 = 0.69\text{cm/sec}$ 로 이상적인 고형물질 배출유속 15~20cm/sec에는 크게 못 미치는 유속으로 현장에서는 수차 등의 수류이동 장치를 별도로 사용하거나 공기를 이용하여 물의 흐름을 빠르게 해 줄 수 있다.

(4) 수로 분할형 복합 양식수조 (Mixed cell Raceway Tank)

수로분할형 복합양식수조(MCR)는 수로형 수조에 원형수조의 기능을 부가하여 양식수조 전체의 고른 수질의 유지, 신속한 고형물질 배출, 양식사양 관리의 편리성 등을 갖는 양식수조이며, 종속영양 세균에 의한 고형물질 처리로 무환수식 양식시스템 (Zero exchange production system)의 기능을 가능하게 양식수조이다.

기본적인 크기는 수로형 수조와 같으나 수조를 각각 분할하여 중앙부에 고형물질 배출구를 만들고 각 분할 된 수조에서 펌프에 의하여 수압을 준 다공관을 통해 서로 반대되는 수류를 형성하여 고형물질이 중앙부로 모이게 한 후 배출하는 수조이다.



〈Fig〉 MCR 양식수조의 평면

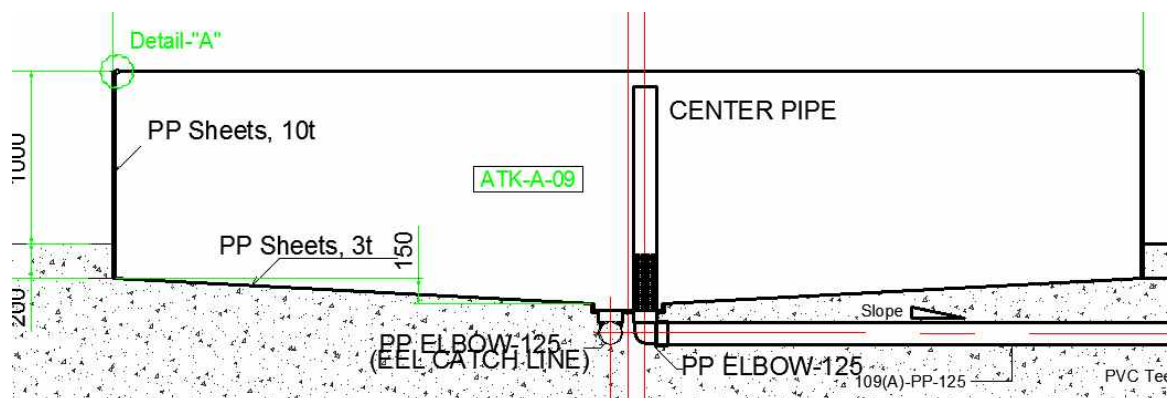
6.3 양식수조의 단면형상

6.3.1 원형양식수조의 단면형상

양식수조의 단면형상이란 양식수조를 수직으로 잘라서 본 모양을 말한다, 설계할 때 단면 형상에서 고려해야 할 요소는 양식수조 깊이, 바닥의 경사도, 중앙배수구, 작업 높이 등이다.

양식수조의 깊이는 양식수조의 직경에 따라 달라지며 보통 수조 직경의 3:1 ~ 10:1까지로 어종 및 양식 조건에 따라 달라진다. 보통 양식수조의 바닥을 평면으로 하고 양식 중 발생하는 고형물질을 중심으로 모이게 하여 배출하게 하기 위해서는 중심부의 유속이 0(zero)에 가깝게 수류를 조절해야 한다.

그러나 양식수조에서 수류를 일으키는 힘은 양식수조의 어느 한, 두 지점에서 인입되는 양식수의 낙차 또는 분사에 의한 운동량을 주기 때문에 직경이 10m를 넘는 대형 수조의 경우나 수심이 깊은 양식수조에서는 기하학적 중심에서



〈Fig〉 원형 양식수조의 단면형상

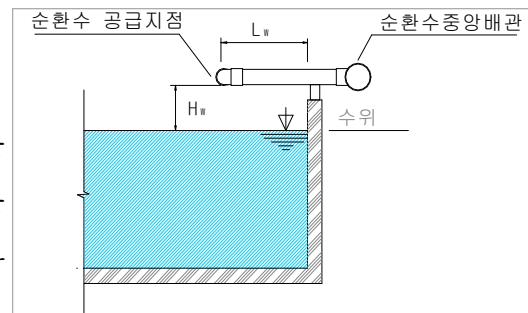
벗어나기 쉬우며 이때에는 정상적인 고형물질 제거가 어렵게 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 양식수조 바닥은 일정한 경사를 두게 되는데 수심변화로 인한 저면 마찰력의 변화와 고형물질 움직임에 미치는 중력효과 등으로 인하여 고형물질을 중심으로 모아 제거하는데 유리하다.

6.4 양식수조의 유·출입 장치

순환여과식 양식장에서 양식수조의 유·출입 장치는 순환수의 급·배수, 보충수 공급, Air공급, 산소공급 배관 등을 말한다. 이들은 수류흐름 및 고형물질 배출에 직접적인 영향을 미치므로 매우 중요하다.

6.4.1 양식수 공급방식

양식수라 함은 여과조를 통해서 유입되는 순환급수, 지하수 또는 자연수를 공급하는 보충수 공급이 있으며 자연압 공급방식과 펌프를 이용한 압력식 공급방식이 있다.



(1) 자연압 공급방식

순환여과식 양식장의 여과조에서 양식수조로 최종 공급되는 배관의 위치가 양식수조 상단부보다 1m 이상 높게 설계된 경우에는 자연압 방식에 의한 순환수를 공급하도록 설계하는 것이 좋으며 밸브를 장착하여 항상 공급수량을 조절할 수 있도록 한다.

자연압 공급방식에 의한 배관 위치도를 나타낸 것으로 양식수조의 벽면에서의 거리 $L_w = 0.25R$ 로 한다. 여기서 R 은 양식수조의 반지름을 나타낸다. 또한, 수직 방향의 지점은 수면으로부터의 높이 $H_w > 0.3H_t$ 로 설계하는데 여기서 H_t 는 양식수조의 수심을 의미한다.

유출구의 배관구경은 순환수량에 따라서 달라지지만 1일 24회전, 즉 1시간에 1회전 하는 순환여과식 양어장에서의 배관 구경은 다음의 표와 같으며, 경험적 계산에 의하면 유출구에서의 유속은 200cm/sec 이상으로 하는 것이 좋다. 아래 도표는 양식수조 크기별 유입배관의 관경을 나타낸 것으로 이상적인 유속을 조절하기 위해서는 밸브류를 설치하여야 하는데 밸브류 가격은 구경이 높아질수록 몇 배수로 상승하기 때문에 100mm 이상의 PVC 배관에는 복수배관을 하도록 하는 것이 좋다.

사육조 규격 (원형)	수 량 (m ³)	배관구경 (mm)	단면적 (m ²)	유 속 (cm/sec)	비 고
Ø5.0m x 수심1.0m	20	65	0.0033	168	
Ø6.0m x 수심1.0m	28	75	0.0044	176	
Ø6.5m x 수심1.0m	33	100	0.0079	116	
Ø7.0m x 수심1.2m	46	100 50	0.0099	129	복수배관
Ø8.0m x 수심1.2m	60	100 65	0.0112	148	복수배관

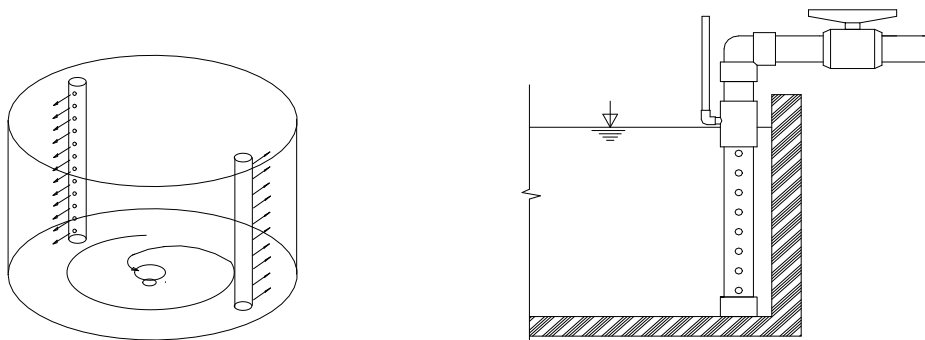
〈Table〉 양식수조 크기별 유입배관의 관경

(2) 펌프에 의한 압력식 공급방식

펌프에 의한 압력식 공급방식은 여과조의 위치가 양식수조에 비해 상대적으로 낮아 펌프를 이용하여 순환수를 공급해야 하거나 개별식 또는 중앙집중식 산소용해기를 설치해야 하는 등이 조건이 될 때 적용한다.

① 수직형 다공관 공급방식

순환여과식 양식장에서는 산소용해기를 설치하여 수중 DO농도를 높이게 된다. 산소용해기는 압력에 의해 가스 상태의 산소를 물속에 녹여주게 되는데 하단의 그림과 같이 산소 용해기와 연결된 배출부에 다공관을 설치하여 산소 용해기의 압력을 줌은 물론 일정한 압력으로 순환수를 분사함으로써 수류 회전을 원활하게 하고 고형물질 중앙 집중현상을 유리하게 해 준다.



〈Fig〉 수직형 다공관 공급방식

$$\text{다공구의 유속 } V_{\text{orif}} = Q / A_{\text{total}}$$

여기에서 Q = 공급되는 유량(m³/hr)

A_{Total} = 다공구 구멍의 총 면적

예를 들어 50mm 배관에 10mm의 구멍을 내어 수직형 다공봉을 만든다고 가정했을 때 구멍의 개수를 계산해 보면 다음과 같다.

- 50mm 파이프의 단면적 ; $1,962\text{mm}^2$

- 10mm 다공구의 단면적 ; 78mm^2

따라서 $1,962\text{mm}^2 / 78\text{mm}^2 = 25\text{개}$

현장에서는 유속을 더 해 주거나 산소용해기 내의 압력을 상승시키기 위하여 다공관의 총 단면적은 관의 단면적의 약 60~70% 정도로 설계한다.

따라서 위 값에서 $25\text{개} \times 0.6 = 15$, 따라서 적정 다공구의 수는 15대 정도이다. 여기에서 일반 양식장용 산소 용해기 펌프의 토출량 $20\text{m}^3/\text{hr}$ 을 대입하여 다공구당 유속을 계산해 보면 다음과 같다.

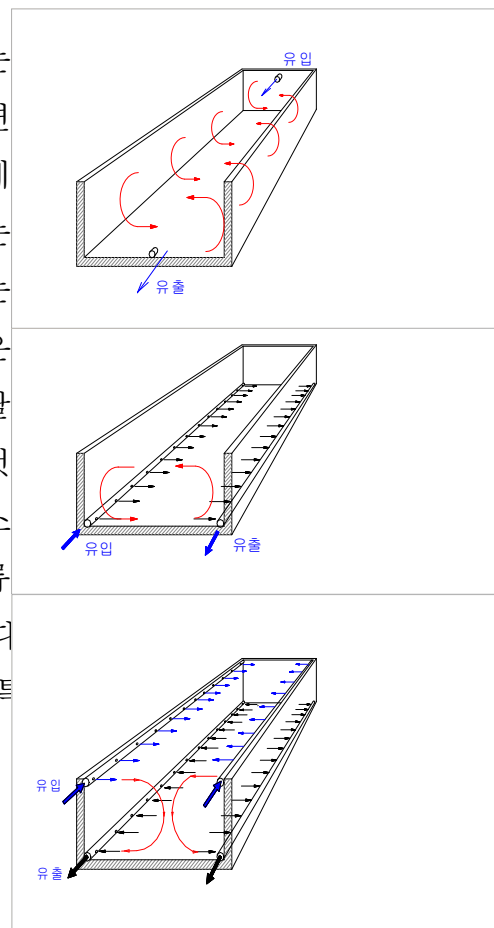
다공구의 총 단면적 ; $78\text{mm}^2 \times 15\text{개} = 1,170\text{mm}^2 (=0.00117\text{m}^2)$

$(20\text{m}^3/\text{hr}) / (0.00117\text{m}^2) = 17,094\text{m}/\text{hr}$

$= 4.74\text{m}/\text{sec}$ 의 빠른 속도로 유출된다.

② 수평형 다공관 공급방식

수직형이 수면 내에서 공급이 이루어지는 것에 반해 수평형은 수면 내부 또는 수면 상부에서 분사형식으로 공급이 이루어지게 된다. 상부형인 경우 양식수조 직경 또는 폭이 5m 이하의 양식수조에서 사용하는 것이 좋으며, 산소 용해기를 통과한 배관은 수면에 낙차 될 때 산소가 대기 중으로 탈기되므로 상부공급방식은 사용하지 않는 것이 좋다. 일반적으로 저밀도 양식에서 산소 용해 없이 폭기에 의한 산소 공급 및 수류 회전을 목적으로 할 때 사용하는 것이 좋다. 단면축소형 공급방식 등이 있으며 양식장 특



6.4.2 수로형 양식수조의 유·출입 배관

(1) 1지점 유입, 유출

(2) 하부 다지점 유입, 유출 (3) 상,하부 다지점 유입, 유출

Raceway 양식수조의 경우 순환수의 유출입에 따라 고형물질 처리에 많은 영향을 미치게 되므로 설계에 유의할 필요가 있다.

6.5 양식수조의 고형물질 배출

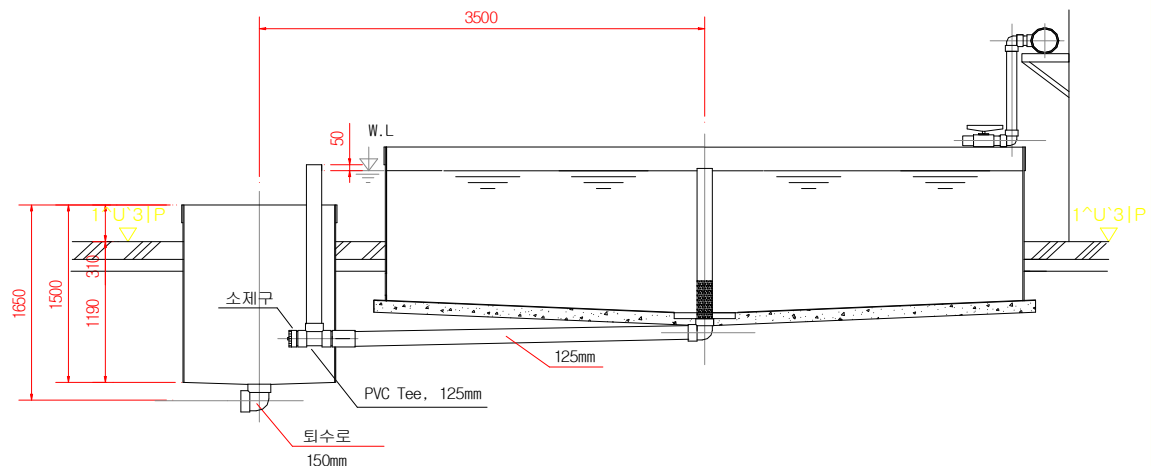
양식수조, 특히 순환여과식 양식수조에서는 발생하는 고형물질을 가장 단시간에 양식수조로부터 분리 시켜 주는 것이 좋으며, 집수정, 크리너, 파티클트랩, 소용돌이 분리기, 이중배수구 등을 통해 수조로부터 고형물질을 외부로 배출한다.

6.5.1 집수정

집수정 형태의 배수 배출방식은

- ① 바닥의 고형물질을 완전히 외부로 배출시킬 때.
- ② 사육조의 사육수를 완전 배수를 해야할 때.
- ③ 외부에서 수위조절을 필요로할 때.
- ④ 배수 배관을 통하여 어류를 채포하고자 할 때 등 다용도로 활용할 수 있다.

집수정은 양식수조 중앙 배수구와 직접 연결이 되며, 최종 배수를 위하여 외부의 폐수처리장과도 연결된다.

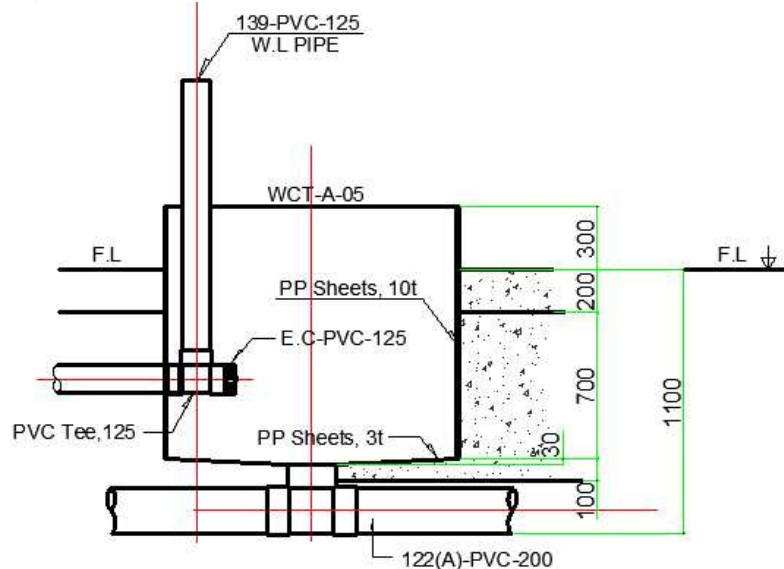


<Fig> 양식수조-집수정 연결 배관도

양식수조와 집수정의 연결 도면을 나타낸 것으로 양식수조 중앙에는 하단부에 고형물질의 배출이 원활하도록 구멍이 뚫린 물 붓을 세워 놓았으며, 집수정과 직접 연결된다. 집수정과의 연결 배관은 약 2%의 경사도를 두어 최종 배출 시 완전 배수를 이루도록 설계 하여야 하며, 집수정 내부의 연결 지점에는 티이

(Tee)와 소제구를 사용하여 최종 배출 시 완전 배수를 이루도록 설계 하여야 한다. 또한 집수정에는 수위조절용 물봉이 설치되는데 계획 수면보다 약 50~100mm 높게 설계하여 이상 수류의 발생으로 비상시 자연적으로 외부로 사육수를 배출시킴으로써 양식수조 넘침현상을 방지할 수 있다.

집수정의 높이는 고형물질을 배출시키기 위하여 물봉을 제거했을 때 물이 외부로 넘치지 않도록 하기 위하여 티이(Tee)상단부에서 최소 500mm 이상의 벽체 높이가 되도록 설계한다



〈Fig〉 집수정 단면도



〈Fig〉 집수정 모양

6.5.2 크리너(Cleaner)

크리너는 용기 내·외부의 수위차를 이용하여 수류 회전에 의하여 모여진 중심부의 고형물질을 흡입하는 장치를 말한다. 크리너는 유럽의 민물장어 양어장에서 처음 사용하기 시작하였으나 현재는 다양한 형태로 여러 어종의 양어장에서 사용하고 있다. 크리너의 설치는 양식수조 수위를 결정하게 되므로 양식

수조 설계 시 설치높이 및 위치를 명시하여야 한다. 또한, 어종에 따른 크리너의 종류를 결정하여 설계할 필요가 있다. 크리너는 스테인리스 또는 PVC판, 기타 고분자 합성수지를 이용하여 설계, 제작하는데 자동세척형과 평판형 그리고 원통형이 있는데 양식어종, 어류의 크기, 양식밀도 등에 따라 선택 설계한다.

(1) 자동세척형 크리너

자동세척형 크리너는 거름망이 미세하여 배출이 원활이 되지 않는 치어 양식장용이나 기타 미세한 거름망을 필요로 하는 양식장에 사용한다. 소형모터에 의하여 고형물질을 닦아내는 브러시가 원형 거름방 주변을 돌면서 크리너망에 부착된 고형물질을 청소하도록 설계된 크리너로 5mm미만의 크리너판을 사용 할 때에는 자동세척형 크리너를 사용하는 것이 좋다

(2) 일반평판형 크리너

일반평판형 크리너는 거름망이 평판으로 형성된 크리너를 말하며, 민물장어를 비롯한 대부분의 어종에서 많이 이용된다.

(3) 일반원통형 크리너

일반원통형 크리너는 거름망이 원통형으로 제작되어 비교적 수위 편차가 클 때 이용하는 크리너로 대형 어종에 이용하는 것이 좋다.

(4) 크리너 설치



<Fig> 원통형 크리너 및 평판형 크리너

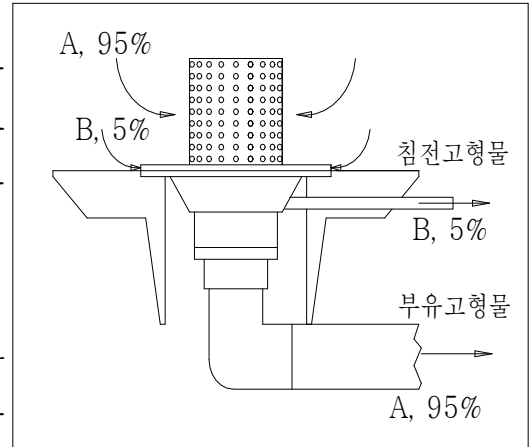
크리너는 하단의 도면과 같이 유입구와 유출구로 설계되는데 유입구는 보통 65mm~100mm 배관 구경을 설정하고 유출구는 125mm~250mm까지 설정하는데 경험상 유입·유출 단면적 비율은 약 1:3 정도로 설계하며, 유입구는 흡입력을 높여 주기 위하여 단면적을 작게 하고 복수로 설계하는 것이 좋다.

크리너 인입 연결 배관은 양식수조 중앙으로 투명호스, 또는 PVC 관을 연결하

며, 배수배관은 양식수조 벽을 통과하여 드럼 스크린 또는 기타 고형물질 제거장치로 연결되는 배관이 되도록 설계한다.

6.5.3 고형물질 분리 배출기(Particle Trap)

크리너는 순환수 전량을 통과시켜 고형 물질 제거 장치로 보내 주지만 파티클트랩은 양식수조 중앙부에 설치하여 침전된 고형물질과 부유물질을 분류하여 처리하므로 고형물질 제거 장치의 부하를 덜어 줄 수 있다. 전체 순환수 중의 5%는 침전된 고형물질과 함께 외부로 배출되고 부유된 고형물질을 포함하는 95%는 순환수 중에 포함되어 여과조에서 처리하게 된다.

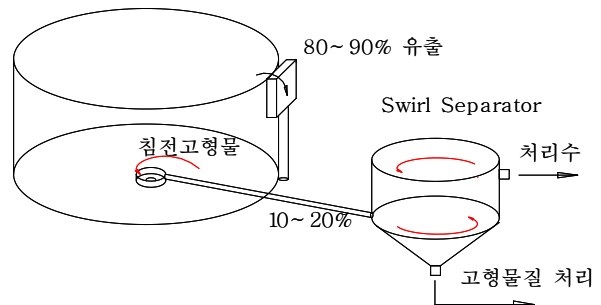


<Fig> Particle Trap

6.5.4 소용돌이 분리기

(Swirl Separator)

소용돌이 분리기에는 고형물질을 분리하기 위하여 과거에 많이 사용되던 장치이다. 분리기에 유입된 고형물질은 원심력 및 중력에 의하여 중앙으로 침전하여 제거되고 처리수는 상부에서 여과조로 보내진다.



<Fig> Swirl Separator

6.5.5 중앙 이중배수구

수류 및 양식수조 규모에 따라 고형 물질이 정확하게 중심부의 한 지점으로 집중되기 쉽지 않으며, 이를 보완할 수 있는 이중 바닥 구조를 설계, 시공한다. 원형 양식수조의 경우 양식수조 직경 대비 약 10% 정도의 직경으로 고형물질 호퍼를 설계하고 여기에 퇴수배관 물 봉 및 크리너 배관, 또는 Swirl Separator가 설치된다.